

# 地震 ジャーナル

14

1992年12月

エッセイ 備えあれども憂いあり ● 河嶋孝次

南極の地震活動とその観測 ● 神沼克伊 — 1

異説:地震予知 ● 力武常次 — 10

地震予知—地電流による可能性 ● 小嶋美都子 — 20

ある地震誤報の教訓 ● 徐 元耀 訳 石川有三 — 31

早期地震検知警報システム「ユレダス」 ● 中村 豊 — 34

解説 中央防災会議策定『南関東直下の地震対策大綱』 ● 小林啓美 — 40

企業の防災対策 日機装(株)静岡製作所の地震対策 ● 福代孝司 — 44

地震予知連絡会情報 ● 田中寅夫 / 安藤雅孝 — 49

● 書評 — 53

● ADEP情報 — 56

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

# 備えあれども憂いあり

## 河嶋孝次

「今日のお菓子は、豆大福よ」と母がいう。晝食後まで待てない餅菓子好きのわたしは、父の分を皿に分けて先に頂こうと思い、茶ダンスのある台所に一步足を踏み入れると、ダダーッと家全体が大きく揺れた。慌てて柱にしがみつくと、ミシミシ家が揺さぶられている。怖くなり、父母がいる居間によるよろしなから戻った。母は、ダンスにかじりついた俣だ。父は、悠々と食卓に座り、流石に軍人らしいと頼もしく思った。

余震がくる合間に、居間の中にダンスでコの字型の避難所を作り、ガラス戸を開け、いつでも庭に逃げられる準備をした。時計が止まり、どれ位時間が経ったのか分からない。そのうち、町内会から、火が出るからお堀端に避難するようと言ってきた。家は、飯田橋の今の理科大学の近くにあった。お堀端の市電の線路上にゴザを敷き陣取った。家財道具を担いだり、子供の手を引いたりする人々がぞろぞろと通り過ぎて行く。大人は、男も女も一様に日本手拭で頬被りをしているのが印象的だ。

麹町の方に火の手が上がった。赤い腰巻を竿竹の先に旗のようにつけて、一生懸命振っている男がいる。赤い腰巻は、火除けになるのだそうだ。辺りが大分暗くなり、雨が、ポツリポツリと落ちてきた。「もう帰るぞ」と父が立ち上がり、皆もその後に続く。

家には幸い井戸があった。深く掘ってあったのか地震後も綺麗な水を汲むことができた。七輪しちりんに火を起こし、御飯の支度にかかった。水団すいだんも、手取り早い食事としてよく食べさせられたものだ。翌日から、近所の人が水を貰いに来た。そのうち、井戸水に毒を投げ込む者がいるという噂が立った。自衛上、木札を配りそれをもっている人だけに水を分けたが、木戸口にたつてその番をさせられた。

何日目か忘れたが、行商人が食料や雑貨を売りに来たが、高い上に釣銭がないとかで更に高い買い物をさせられたようだ。

神戸にいる兄が、リュックサックに缶詰を沢山つめこんで、歩いて見舞いに来た。その時程、いかめしい父の嬉しそうな顔を見たことがない。私も、缶詰の美味しい牛肉や魚に舌鼓を打ち、はしゃいだりもした記憶がある。

以上は、90歳になった母から聞いた関東大震災の体験談である。話の中に数々の教訓が秘められている。

ライフラインは、3日間はストップするとして準備しよう。まず水だ。今は井戸のある家は殆どない。七輪しちりんもない。缶詰等すぐ食べられる食料も必要だ。正しい情報を得るために携帯ラジオも欲しい。赤い腰巻は兎も角、包帯替わりになる日本手拭、マッチそして小銭でお金も用意しておこう。地震が起きた時、まず火を消すことが大切だ。関東大震災で44万棟が焼失したという。地震火災は、火災保険では担保されない。当時は、地震保険はなかった。今はあるが、その普及率が、全国で約7%、東京でも約17%と低い。

もっとPRをしなければと思う。「備えあれども憂いあり」である。



# 南極の地震活動とその観測

神沼克伊

## はしがき

1957～58年の国際地球観測年(IGY)で、南極大陸およびその周辺に本格的な科学調査や観測がなされるまで、南極地域では地震が起こらないと考えられ、当時の地震学の教科書にもそのように書かれていた(例えば、Gutenberg and Richter: Seismicity of the earth, 2nd ed 1954)。IGYでは南極観測は主要な観測項目となり、11カ国(遅れてベルギーが加わり、1959年には12カ国)が参加し、約20の越冬基地が建設された。そのうち11の基地に地震計が設置され、南極大陸でも、本格的な地震観測が始まった。

南極での最初の地震観測は、1902～03年に行なわれたイギリスのスコットによる第1回南極探検にさかのぼる。現在アメリカのマクマード基地が建設されているロス島南端のハット岬の越冬小屋(78°S, 167.5°E)の近くに、地震計を設置して観測がなされたが、詳しい報告は見当たらない。当時のままに保存されているスコット小屋を図1

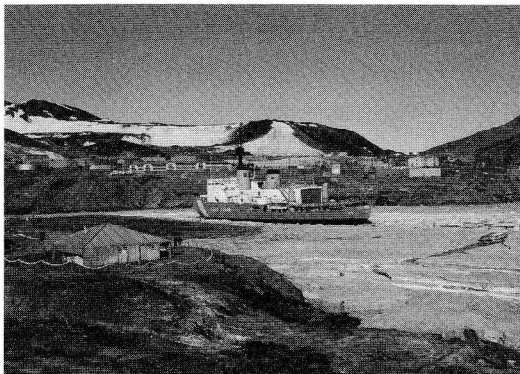


図1 1902年に建てられたスコット小屋とアメリカのマクマード基地  
この海域は地球上で航海可能な最南端。

に示した。背景はマクマード基地とアメリカの砕氷船である。この付近は船舶の航海が可能な最南端の海域である。

IGYの後半からアメリカ沿岸測地局(USCGS)による“Antarctic Seismological Bulletin”が発行され、各基地での自然地震の観測結果がまとめて報告されるようになった。しかし、各観測地点の地震計の倍率も高くなく、このBulletinには、南極大陸に震源のある地震の報告はない。

1970年代になり、地球上の他の地域の地震観測網が充実するとともに、南極地域に震源決定された地震が報告されるようになった。南極大陸内には活動的な火山もあり、マグニチュードが5.5以上の地震が起こっても不思議ではない。しかし過去30年間に、そのような地震は起こっていない。観測関係の人はしか居住していない南極地域では、地震災害の面からは地震の有無は問題ではない。しかし、何故大きな地震が起こらないかは、地震発生メカニズムの解明、あるいは将来の地震制御に対する基礎的データを与えるのではないかと考えている。

本稿では、南極の地震活動とその観測の現況についての概略を述べる。

## 日本の南極観測

現在、国際貢献はわが国にとって一つの大きなテーマとなっている。IGYに際し、日本が南極観測に参加したのは、当時としては一つの大きな国際貢献であった。日本が最終的に南極観測に参加を表明したのは1955年であったが、第2次大戦の敗戦国としての日本が、ようやく国際社会への復帰が認められ始めたばかりで、主食の米も十分に無い時代であった。そんな世相の中での南極

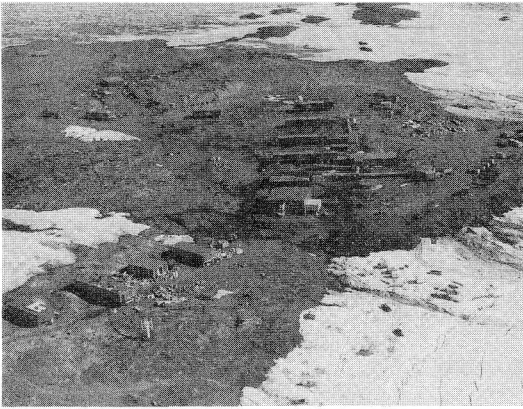


図2 空から見た現在の昭和基地 夏(左)と冬(右)の風景。

観測への参加表明は、当時の学会会議を中心とする学会の指導者の先見の明を示すものといえよう。同じ第二次大戦敗戦国であったドイツ、イタリアの南極観測への参加が1980年代になってからであることを考えると、この思いは一層つもの。

南極観測の準備のため学会会議の中に、南極特別委員会が設けられた。当時の写真には委員長の茅学会会議議長の近くの席に、地震担当の専門委員として、本『地震ジャーナル』誌の発行人である萩原尊禮先生の若々しい姿が常に見られる。初代隊長の故永田武先生によれば、日本は飛行機以外はすべての物品を国産品でまかなうことで、南極観測を実施できるよう考えていたとのことである。このため観測器械のテストをはじめ、人間・機器の耐寒訓練や耐寒テストなどが、数多くくり返された。

本誌編集者の力武常次先生もまた少壮の地球物理学者として、IGYへのリーダーシップをとっていた一人で、南極観測のための多くの訓練に参加されたと聞く。後日、東京大学地震研究所の力武研究室の助手になった上田誠也先生は、すべての訓練に参加しながら、南極に行かなかった唯一のひとと聞いている。上田先生の不参加は英国への留学が決まったためであるが、その代わりになのかどうか、『南極記』の抜粋を英訳され、文部省から出版していた『南極資料』に掲載された。白瀬轟という日本人が、アムンゼンやスコットと同じときに、南極点を目指して極地探検をしたことをあらためて世界に知らしめた。現在、『南極資

料』の出版は極地研究所に引き継がれ、定期刊行物として発行されている。

南極観測への参加表明が遅れたため、日本が基地建設候補地として選定できたのは、人跡未踏の地であった。結果的にはノルウェー語の地名のついたリュツォ・ホルム湾のオングル島に、1957年、第一次日本南極地域観測隊(JARE-1)により昭和基地が建設された。このノルウェー語の地名は、1937年にノルウェー隊が水上飛行機から撮影した写真をもとに命名したもので、地上(海上)からのアプローチは、日本隊の上陸が初めてである。

IGYの本観測は、密群氷にはばまれ、観測船が近づけず、1958年、IGYの本観測のJARE-2は越冬を断念した。置き去りにしなければならなかった15頭の犬のうち、JARE-3によりタロ、ジロが生きのびていたことが発見され、明るい話題となった。JARE-6までで、昭和基地は閉鎖された。当時の日本の南極観測は、あくまでもIGYのための臨時の体制でなされていた。砕氷船「宗谷」も限界にきていた。

新しい砕氷観測船「ふじ」が建造され、恒久的な観測体制をととのえて、昭和基地は1966年、JARE-7により再開された。南極観測の母体として、国立科学博物館に極地課が設けられ、やがて極地センターから、極地研究所へと発展した。輸送力が増強され、基地の建設が急ピッチでなされていった。居住空間と観測空間とが区別され、生活環境は改善されていった。

JARE-25からは、三代目の砕氷観測船「しらせ」が就航し、日本隊の活動範囲はさらに広がった。再開以来今日まで、昭和基地は南極でも有数の科学基地として維持されている。図2に現在の昭和基地の風景を示した。

## 地震観測

IGYでは地震観測は気象やオーロラの観測と同じように、重要な観測項目であった。萩原先生が開発されたHES（萩原式電磁地震計）を南極で使用するため、当時は長野県の寒村だった細野村で耐寒テストが重ねられた。細野村の村名が白馬村と変わり、ロープウェーを建設した八方尾根を中心とする大スキーリゾートに変身したのは、それよりはるか後の話である。

本観測が中止になったので、HESはJARE-3の村内必典先生（当時、国立科学博物館）によって、昭和基地に設置された。JARE-5までの3年間、HES3成分による短周期の地震観測が続けられた。

昭和基地の再開に際し、地震観測は気象、地磁気、オーロラなどととも、定常観測として恒久的に続けられることになった。観測内容もHES3成分に加え、プレス・ユイニング（Press-Ewing）型の長周期地震計3成分を設置し、世界標準地震計観測網と同じ能力を有する観測点とした。世界標準地震計観測網は、冷戦の時代の当時、アメリカが旧ソ連の地下核実験探知のため、自由主義国の124カ所に設置したもので、短周期（振子の固有周期1秒）と長周期（同15/30秒）地震計各3成分を1セットとした地震観測システムである。

筆者は当時、この長周期地震計を扱ったことのある数少ない経験者の一人であったので、萩原先生から昭和基地に設置する役目をおおせつかった。JARE-8で昭和基地で越冬し、1967年から昭和基地でも長・短各3成分の地震計による観測が開始された。それと同時に、世界の地震観測データを集めて震源決定をしていたUSCGSに、初動の読みとり結果を送る作業も始めた。

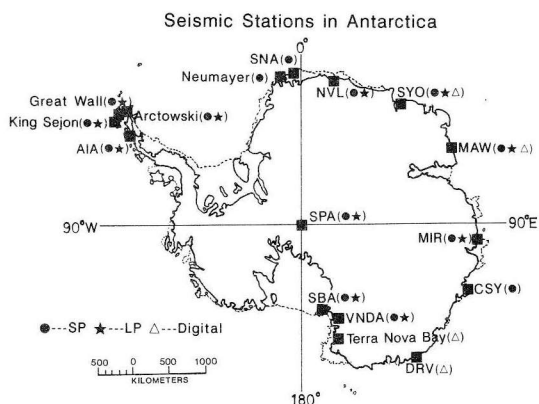


図3 南極大陸に設置されている地震観測点  
SPは短周期地震計、LPは長周期地震計、Digitalはデジタル地震計を示す。

長周期地震計を設置するため、IGYのときに作られ、昭和基地に持ち込むことのできなかった地震計室を改めて建設した。しかし、ブルドーザーのような土木作業用の機械もなく、岩盤の工事ができない時代で、日本では考えられない普通の家屋と同じように地表面に建てられた地震計室であった。したがってブリザード（雪嵐）のときなどはノイズのため、記録をとるのが無意味なほどであった。JARE-11で半地下式の地震計室を新設し、昭和基地もようやく地震観測点としても完全な形になり、国際的にも地球上の一観測点としての役割を果たすようになった。

IGYの頃には、南極大陸内に十数点の地震観測基地が設けられていたが、その後は必ずしも増加もせず、整備もされなかった。近年、グローバル地震学の推進に伴い、南極研究科学委員会（SCAR）の固体地球物理学作業委員会（WG/SEG）では、南極大陸内の地震観測点の現状を調査することになり、筆者がその任に当たった。図3に現在の南極大陸の地震観測点を示した。地震活動の低い地域とはいえ、日本の三十数倍の面積を有する南極大陸のなかで、十数点の観測点は、少ないと思う。この点、WG/SEGでも各国に地震計の設置の勧告を続けている。

この他、デセプション島（63°S, 60.6°W）やエレバス火山（77.5°S, 167.7°E）にも臨時の地震観測網が設置されている。デセプション島には、

越冬基地があり、地震観測が続けられていたが、1967年の噴火で基地は破壊された。現在はスペインが夏の間だけ、地震観測網を設けている。

### 南極大陸の地震活動

国際地震センター (ISC) のロビン・アダムス博士によると、1904年からある同センターのファイルには、IGYの頃までに南極大陸内に震源決定されている地震は4個で、このうち信頼のおける地震は1個であるとしている。地震研究所にあるISCのファイルで、筆者が調べたところでは1904~1960年の57年間に、南極大陸および周辺の沿岸地域に震源のある地震は図4に示したように8個である。

そのいずれも震源の深さもマグニチュードも決定されていない。図に黒丸印で示した地震は、アダムス博士による信頼度の高い震源決定である。南緯90°にある南極点基地 (SPA) の近くに×印で示した地震は、1960年に起こったものである。この地震の震央は88°S, 73°Wで、震源決定の良し悪しは別として、これまで震源決定された地震のうち、もっとも南に決定されており、南極点まで、わずか200kmである。これらの地震はISCが発足時に、それまでばらばらに決められていたものをファイルにまとめたものである。

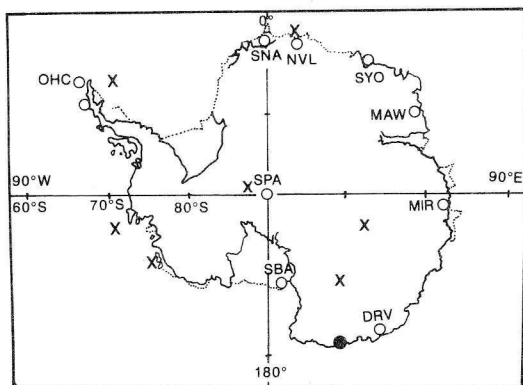


図4 1904~1960年、国際地震センター (ISC) のファイルにある南極大陸およびその沿岸地域に震源のある地震  
黒丸印の地震のみ、确实視されている。

### 最初の震源決定

地震が発生し、あちこちに分布する観測点の初動の読みとり結果から、ただちに震源決定がなされ、その震源位置が発表される。このような日常的な作業により、南極大陸およびその周辺内に震源決定がなされた最初の地震は、火山噴火に伴うものだった。1967年12月4日、南極半島の先端付近に位置するデセプション島で、人類が認めた最初の噴火が起こった。デセプション島は馬蹄形の海底火山島で、内側のフォスター湾はカルデラである。湾内は天然の良港で19世紀には、狩猟船の基地となっており、温泉が湧出しているのが南極唯一の海水浴のできる海岸として、南極観光の名所になっている。アルゼンチン、イギリス、チリの観測基地があったが、このときの噴火により破壊され、閉鎖された。その噴火であるが、この爆発は、世界の地震観測網で観測された南極地域に起こった最初の地震なのである。そのUSC GSの報告を要約して表に示した。なお深さ33kmは震源決定の計算上仮定したもので、地表付近の「浅い地震」と解釈されたい。

発震日時	場所	深さ	M
1967 Dec. 4 19h 00m 22.6s	63.0° S 60.5° W	33km	4.7
20 28 30.5	63.2 60.3	33	—

場所はバーマ半島、観測基地が、地震、噴火、強風により破壊された。新噴火口が島の北側斜面に出現した。海息動物、かもめ、ペンギンなどが噴火の数時間前から逃げ出した。基地の人間は噴火後、避難し無事であった。これら二つの震源は、地震計によって決められた南極に震源のある最初の地震と思われる。

[筆者註：バーマ半島は現在南極半島と統一した地名で呼ばれている。]

### 南極大陸内への最初の震源決定

地震観測網が整備された後の南極大陸内での初めての震源決定は、筆者らによってなされた。1960年代まで、南極に関しては、“Antarctic Seismological Bulletin”に南極のすべての基地で観測した地震の読みとり値が報告されていた。

このBulletinを見ていると、2~3の基地のみで観測されているが、資料不足でその震源が決定されていない読みとり値のグループがあることに

気づいた。そこで、南極の4点以上の観測点で記録されているが、その震源は決定されていない読みとりグループについて、震源決定を試みた。このような読みとりグループは1966~1969年の4年間に、72組あった。主な作業は、当時地震研究所の大学院生だった石田瑞穂さん(現防災科学技術研究所)が実施してくれた。地震の起こった深さは33 kmと仮定(地表付近と同じ意味)し、震央と発震時を決めた。震央の誤差が±100 km、各観測点での波の到達時刻と震源決定して得られた震源から求めた到達時刻の残差平方和が3秒以内の場合のみ、その地震の震源決定ができたとした。その結果、72組の資料のうち24個の震源を決めることができた。

24個の地震のうち、23個までが南極大陸周辺の既存の地震帯(南極プレートの境界)で発生した地震であった。しかし、ただ1個ではあるが南極大陸の中に震源が決まった地震があった。この地震は、南極点(SPA)、モーソン(MAW)、サナエ(SNA)、バード(BYR)とバード基地の衛星観測点(BY1)の5点で観測されており、さらに詳しく調べた結果、その震源要素は次のようになった。

発震時：1968年6月26日18時20分52.8秒

緯度：79.56°S

経度：20.33°W

深さ：海面下1 km

マグニチュード：4.3 (南極点基地の地震波の振幅より決定)

震源地はウェッデル海の東側の大陸内で、シャクルトン山脈(Shackleton Range)と呼ばれる山岳地帯の近傍である。なお現在バード基地はアメリカ隊の夏だけの補給基地で、地震観測は行なわれていない。

この地震の震央決定に際しては、地震学的には何の仮定も使わずに求められている。地球上の地震観測網が充実した1960年代以後、地震計を用いて震源決定された地震の中で、定常的な作業により南極大陸に震源決定された最初の地震であり、もっとも南で起こった地震であった。

この地震に対し、自然地震ではなく、大陸氷床

の破壊(氷震)ではないかという疑問が出された。しかし、各観測点のデータをもっとも満足させる震源の深さが海面下1 kmであり、この付近の大陸氷の下岩盤の標高は海面上1 km ぐらいあるので、明らかに地殻の岩石の破壊であり自然地震といえた。

次に、4年間にたった1個というのは少なすぎる、もし本当に地震ならもっと起こってもよいのではないのかという批判があった。南極は地震の少ない地域なので、マグニチュードが4程度の地震でも、4年に1回あるいはもっと低い割合でしか発生しなくとも不思議ではない。ただ、同じような調査を続ければ、今後も大陸内に起こった地震を確認できるだろうと話していた。

反対者がいれば賛成してくれる人もいる。シャクルトン山脈を調査したイギリスの地質学者からは、同地域には地質断層が発達しており、地震が起こったというのはたいへん興味深いという手紙をもらった。

### 南極大陸内の地震

図5に1961~1989年、世界の地震観測網で、南極大陸およびその周辺に震源決定された地震を示した。1968年6月の地震は、前節で述べた筆者らが決めた地震であるが、それ以外はすべてISCで決定されたものである。

筆者らが予想したように、注意深く調べている

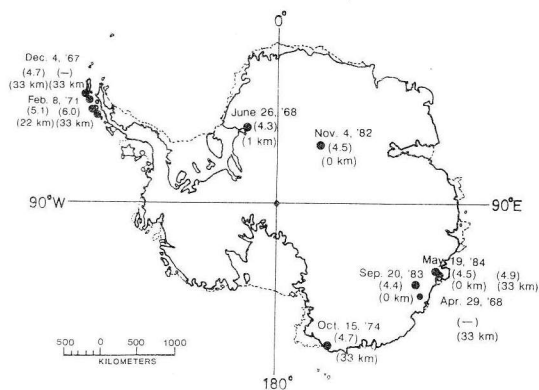


図5 1961~1989年、世界の地震観測網で震源決定された地震

( )内はマグニチュードと震源の深さ。



と、南極大陸内にもポツリポツリではあるが、地震が発生していることが理解されよう。南極半島付近に震源のある地震は、デセプション島の火山活動に伴う他、ブランスフィールドリフト(Bransfield Rift)のテクトニクスに起因する地震であり、1971年には表面波マグニチュードが7.0の地震も起こっている。なお、この付近には図示した以外にも地震が起こっているが、火山噴火に伴うものと、マグニチュードが5以上の地震のみを示してある。

サウスシェトランド諸島、ブランスフィールドリフト、南極半島の一連のテクトニクスは南極の中では、もっとも活動的である。まだこの地域のテクトニクスは十分に解明されていないが、島孤(サウスシェトランド諸島)に対する沈み込み帯も確認されている。沈み込みが現在も続いているとすれば、もっと地震活動が活発であっても不思議ではないが、それほど高い地震活動を示してもいない。これは地震観測点の数が少なく、多くの地震の震源決定がなされていないのではないかと考え、WG/SEGでも、観測点の増設の必要性を訴えている。

南極半島付近を除くと、南極大陸内での地震は29年間で10個にもならない。しかし、東南極盾状地と呼ばれ、地球上でもっとも安定した地塊である東南極(南極大陸の東半球側)でも、地震活動があるのは興味深い。しかし、一方では、どの地震のマグニチュードも5以下である。火山地域もあるのになぜ大きな地震が起こらないのか、これから起こる可能性があるのか、興味もたれる。

### 昭和基地での地震テレメーター

昭和基地付近の基盤岩は後期原生代のもので、東南極盾状地の一部を形成しており、地球上でもっとも古い陸塊の一つである。その複雑な変成作用の過程は、南極観測隊の地質グループによって解明されつつある。このような日本には存在しない、典型的な盾状地における地震波の伝播特性の研究と、周辺地域で発生しているテクトニックな地震の観測を目的とした三点観測網が、1987年

に昭和基地に京大防災研究所の赤松純平さんによって設立され、1989年まで観測を継続した。赤松さんは南極での越冬を機会に、日本には無い地質構造の地での地震波の伝播を調べ、防災に役立てたいとの意欲に燃え、筆者はそれまで、もやもやとしていた昭和基地付近の微小地震活動を明らかにしたいと考えていた。この二つの目的が一つとなって、この観測が実施された。

### 新しく観測された地震

図6に示したように1987年6月から1990年1月までの30カ月の間に、10個の地震の震源が、三点観測網により決定された。1987年6月10日の地震の震源域では、この三点観測網での観測を開始する前の同年2月から5月にかけて、ほぼ同じ20~21秒というS-P時間と似たような波形をもつ8個の地震が記録されている。その後、1年以上もの間、この地域での地震は観測されていない。合計9個の地震であるが、少なくとも上記の期間に小さな群発的な地震活動が起こったと推定される。

1987年12月22日と23日の地震は、1.0と0.9とほぼ同じ大きさのマグニチュードを有する地震が、18時間の間隔をおいて起こっている。二つの地震の各観測点での波形はほぼ同じであり、これらは双発地震と呼べる。

1985年5月24日と26日の地震はラングホブデ氷河近くに起こり、マグニチュードが小さく極

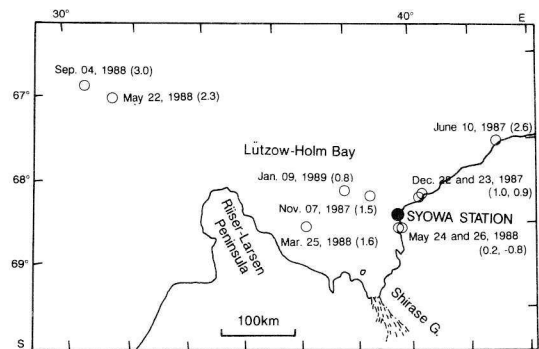


図6 1987~1989年、昭和基地で行なわれた臨時の三点観測網で震源決定された地震 ( )内はマグニチュード。



微小地震である。この地震が起こったとき、三点のうちの一点は欠測中であったが、東オングル島の小三点観測網で到来方向を計算し、S-P 時間から震央距離を求め、震央を決定した。三点内の見かけ速度などから、この地震は少なくとも深さが 5 km より深い地殻内で起こっていることは確実に、マグニチュードは小さいが氷震ではなく、自然地震であると推定されている。しかも、マグニチュードが 0.2 と -0.8 と 1 以上異なることから、この二つは本震—余震の関係と思われる。

リュツオ・ホルム湾の入口で起こった 1987 年 11 月 7 日の地震に続いて、二つの余震が昭和基地の HES のモニターで記録された。三点観測網では S/N 比が悪く読み取れず、震央決定はできなかったが、同じ S-P 時間と似た波形とを有しているため、この地震も本震—余震型の地震であることは間違いなさそうである。

このように、昭和基地付近の地震活動は、活動度そのものは低いが、その中には余震を伴う地震はもちろん、双発地震や群発地震などいろいろな型の活動が起こっている。かつて地震が起こらないと考えられていた東南極盾状地の端に位置する昭和基地付近ではあるが、そこに起こる微小地震活動は、日本のように活発な地震活動のある地域と同じように、いろいろな型の活動があることが明らかとなった。

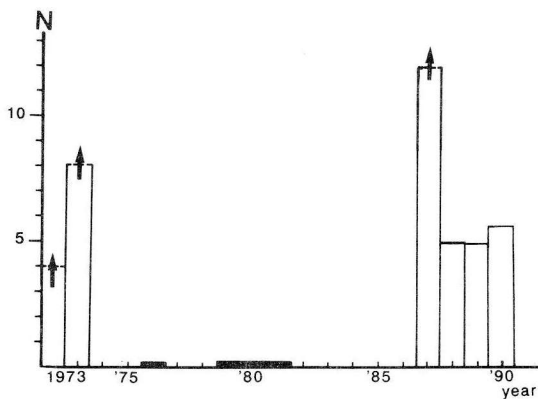


図 7 昭和基地の定常・臨時の地震観測で記録された S-P 時間が 30 秒までの地震数  
矢印の年は観測期間が 12 カ月より短かった年を示す。横の太線は地震の専門家が越冬したが、地震が記録されなかった年。

これまで昭和基地で観測された微小地震の年ごとの数を、図 7 に示した。これは定常観測に加え、臨時に行なった微小地震観測網で数えた数である。ただし、微小地震観測網は年により倍率は異なり、必ずしも同じレベルで地震を数えていないので、この図は地震活動を示してはいない。しかし、1976, 1979, 1980, 1981 年 (図 7 で横軸を太線で示した) には、昭和基地では地震の専門家が越冬し、定常観測を含めた詳しい読み取りをしているにもかかわらず、微小地震が観測されていないことも確かである。この図から昭和基地付近の微小地震活動は、ある期間に集中して起こる、間欠的な起こり方をしてしていると推定される。

### 局地震の原因

昭和基地付近はもちろん、南極大陸沿岸の露岩域の至る所で、昔の海岸線であるいわゆる隆起汀線が認められる。南極氷床は 1 万年前には現在よりも発達しており、オングル諸島も氷床におおわれていたと推定される。その氷床が後退したことにより、露岩域には氷河で侵食された地形が残残り、さらにその後の海面変動に伴って汀線が残された。

東オングル島には最高 22 m の高さをはじめ、数本の隆起汀線が認められている。隆起により死滅した海洋生物化石の年代決定から、東オングル島では 6000 年前から、現在認められる隆起汀線を形成した隆起が始まったと推定される。オングル諸島の地図と、それぞれの島で、これまで報告されているもっとも高い隆起汀線の高さを図 8 に示した。隆起汀線の図は氷床の存在する大陸縁(氷床の縁)を、水平距離の原点にとってある。東オングル島とテオイヤの隆起量が 20 m 前後なのに対し、オングルカルベン島のそれは 35 m となっている。西オングル島は雪が多く、現在でも隆起汀線は認められていない。100 m 以上も長く認められる隆起汀線がほとんど水平なことから、この隆起は氷床縁を支点とし、海側の地殻が隆起する傾斜運動ではなく、ある範囲の地塊が垂直に上昇する運動であろうと推定している。

図 8 からは、少なくとも東オングル島—テオイヤ

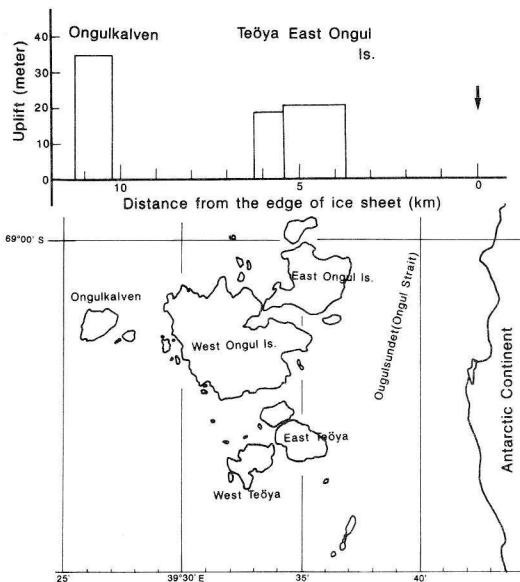


図8 オングル諸島の隆起汀線の高さ  
氷床縁から離れるほど、高さが高くなっている。

ヤのブロックとオングルカルベンの隆起は別々に(時間的には同じでも、異なるブロックで)運動していると推定される。また、東オングル島と大陸の間にあるオングル海峡は4 mの幅ではあるが、700 mという深い谷が存在することから、東オングル島を含むブロックの運動も大陸塊とは別に、独自の上昇をすると推定される。

このブロックの運動は直線的ではなく、ある時期には上昇し、次の時期には休止すると考えると、上昇期には歪みが蓄積し、微小地震を起こし、図7に示したような間欠的な、あるいは長期間で見た場合には数は少なくとも群発的に見える地震活動を説明するのに調和的である。筆者は、以上の事実から、昭和基地の微小地震の活動を次のように考えている。

- (1) 昭和基地付近の地震活動は、その震央がすべて海側に位置することから、氷床の後退による地殻の隆起が原因で発生する。
- (2) 震央が大陸縁から沖合いに分布すること、オングル諸島の隆起汀線が大陸縁から離れるに従って大きいことから、隆起運動は地殻が一様に上昇するのではなく、いくつかのブロックに分かれて起こっている。
- (3) これらブロックの境界で、蓄積している歪に

より地震が発生する。

- (4) 隆起運動は緩慢で、歪みの蓄積はゆっくりなので、沿岸域では大きな地震は起こらず、大きくともマグニチュードが3より小さな微小地震程度である。もちろん、極微小地震は発生している。
- (5) 隆起は十数年間のうちの数年間続くという間欠的な運動で、地震もその運動に対応して起こっている。

昭和基地では海洋潮汐の観測は定常的に実施されているが、隆起を検出する精度は得られていなかった。傾斜計による観測も実施されたが、現在は行なわれていない。地殻変動の検出の可能な観測の実現が望まれている。ただ、最近、昭和基地の驗潮儀のデータを整理した海上保安庁水路部の報告では、1980年代後半のデータから、昭和基地の海面は1 cm/yの割合で低下しているという。

この発表を国際学会でしたとき、海洋の関係者は驚いたらしい。地球の温暖化が叫ばれているとき、南極海の海面は溶け出した氷床で上昇しているものと考えられたようである。しかし、南極氷床の大規模な融解は確認されておらず、筆者らからみれば、陸地の隆起が続いているのは当然と思われる。特に1980年代後半に海面低下(陸地の隆起)が起こっているとの推定は、筆者らの図7と調和的といえる。筆者の考えは、この海洋潮汐の観測結果からも支持されると考えている。

### 氷震と地震

南極での地震観測で困るのは、自然地震のほか、数多くの氷震や雪震が記録されることである。南極大陸の95%以上の陸地は、平均の厚さが2450 mの氷床によっておおわれている。その表面100 mほどは雪で、深くなるにしたがい、密度の大きな氷になっていく。この氷の部分で起こる弾性破壊が氷震(icequake)であり、雪の部分で起きるのが雪震(snowquake)である。大陸の沿岸地域は積雪部分の厚さが薄いので、雪震を経験するのは内陸地域のことが多い。昭和基地では、この大陸で起こる氷震のほか、周辺の海水が割れる氷震も記録される。海水の破壊の氷震の場合、

その記録は自然地震にくらべ高周波の波が卓越し、波の減衰が激しいなどの特徴があり、自然地震と区別は比較的容易である。しかし、その区別のつきにくい氷震も多く、昭和基地の場合、1987年からの三点観測でようやく、識別が可能になった現象も多い。

氷震はサーマルクラックと呼ばれ、気温の変化に対応して（熱的歪によって）起こるものと、氷河の流動によって起こるものとに大別される。後者の場合、テクトニクスの地震への対比も可能で、その類似性と、氷河の動きがわかりやすいことから、地震発生の大きなモデル実験として研究できると考えている。しかし、現場の自然条件の厳しさ（氷河の上はクレバスが多く危険）から、日本ばかりでなく、他の国々の研究者もあまりその方面の研究はすすめていない。

本年に入り、筆者らは昭和基地の地震記象の再観測を始めた。観測船「しらせ」が昭和基地に接岸するために、海水を割って航進するが、昭和基地の地震計はその振動もとらえている。自然地震、氷震とも、これまで得ている知見では説明できそうもない現象にも気がついてきている。

## あとがき

昭和基地で地震観測を始めてから30年以上が経過した。そしてようやく、その付近での地震活動の姿がみえだした。現在、世の中は環境ブームである。「環境」の冠がつくと、高額な予算が容易につく。しかし、地震観測に代表されるような観測は、同じ器械による同じような観測を長期間も続けるところに意義があるにもかかわらず、新鮮味がないとの理由だけで、観測器械の維持にも事欠く予算しかつかないのが現状である。

地震活動は、いわば、地下の環境の反映である。「環境」の冠や、新鮮味の有無にかかわらず、同じレベルの観測を続けるのに、予算の面ではあまり苦労させるべきでないというのが、私の日頃の感想である。しかし、現実には、定常的な観測の重要性はなかなか理解されず、どの機関の担当者も苦労しているようである。

一観測点のデータだけでは、いろいろな現象の本質がなかなかみえにくい。息の長い観測と注意深く地震記象を読み続けることが要求される。両方とも若い研究者にとっては、必ずしも好まれることではない。しかし、地球を相手にする学問は、それに耐えることも必要と、改めて感ずる昨今である。

昭和基地では、地震、海洋潮汐、地磁気の3成分の定常観測に加え、ラコステ重力計による重力の連続観測、GPSの連続受信による測位の測定なども、ほぼ毎年のように実施している。直径11mのパラボラアンテナを使ったVLBIの測定も一度実施され、今後も計画されている。国際絶対重力網の一つに指名された昭和基地では、すでに絶対重力測定が実施されている。超電導重力計による連続観測も始まっている。このように一つの観測点で、多種多様の固体地球物理学の諸観測を実施している点は、南極では唯一の例であり、日本はもとより地球上でも例をみないと思われる。昭和基地での観測の重要性を改めて指摘したい。

[かみぬま かつただ 極地研究所教授]

## ご 案 内

### 地震ジャーナル 13号

エッセイ	首都移転	田村和子
特別寄稿	なぜ地震予知はかくも困難か	
	カール・キスリンガー	
地震予知：三つのコメンタリー	訳	末廣 深
アメリカ地震学の新しい動向		安芸敬一
1992年エルジンジャン地震	調査概要と提言	本蔵義守
1992年エルジンジャン地震	地震動と構造物被害	浜田政則
よりよい地震防災教育		大町達夫
いま大地震に見舞われたら		池上武彌
直下地震対策の強化		富田 忠
米国企業の地震対策		井野盛夫
アメリカ地震予知騒動始末記		力武常次
キジ・ナマズ・船頭小唄		朝倉喬司

記

- ◇ご講読料 [郵送料共] 1500円
- ◇お申込先 東京都千代田区神田美土代町3番地  
財団法人 地震予知総合研究振興会  
[本誌綴込みの振替用紙をご利用下さい]

地震ジャーナル・編集部

# 異説：地震予知

動物異常など宏観前兆とその実用化

## 力武常次

### 1. 宏観前兆 先人も注目

地震には人体感覚でわかる予兆がある場合があるらしい。鳴動（地鳴り）、前震、発光現象（光り物）、異常気象（雲、虹）、地下水・温泉異常など、いろいろな現象が前兆とされ、場合によっては超能力なども登場する。とくに有力なのは動物異常行動で、地震の前に「ネズミがいなくなった」「イヌが悲しく泣いた」「イワシが川をさかのぼった」「ナマズがあばれた」……などの報告は、洋の東西を問わず、昔から無数にある。

このような精密計器によらないでも感知できる現象を、中国では「宏観異常現象」と呼んでいる。ここでは簡単のため「宏観前兆」と呼ぶ。宏観前兆のなかでも、動物異常行動の報告例はきわめて多いので、次にイヌを例にとって面白い事例をいくつか紹介しよう。

旧ソ連トルクメン共和国アシハバードは、1948年10月5日の深夜、マグニチュード（M）7.6の地震に襲われて壊滅し、3,000人に達する犠牲者が出た。筆者がモスクワ地球物理研究所で中央アジアの地震を研究しているI. L. ネルセソフ博士から直接聞いた話では、この地震のとき、イヌに導かれて家の外に出て助かった人が、同研究所に勤務しているとのことである。

この地震に関連して、「あるガラス工場の女子職員は、彼女が飼っていたスピッツが騒ぐので目を覚ました。このイヌは悲しげに吠えたあげく、女主人のパジャマをくわえてベッドからおろそうとした。彼女が戸を開けると、イヌは表に飛び出したが、すぐに戻ってきて、再びパジャマをくわえて、女主人を家の外に引っ張って行った。彼女

が外に出たときに地震がやってきたのである」という話がある（リチネッキー、1972）。

また、同じ中央アジアのカザク共和国タシュケントは1966年の地震（M 5.5）によって壊滅したが、イヌが女主人を引っ張って表に出たとたん、大地震となったという話が報告されている（Evernden, 1976, A. Werner のカナダ週刊紙『Midnight』1969年7月14日版記事による）。

日本では、「芝三島町に弥八といふ魚屋ありしが、10月2日の夕方商ひより帰りに打駄けるところ、四ツ頃と思ふ頃、飼犬弥八の棲や袂をくはへて引張り、己は外の方へかけ出して、憐れなる声にて吠えければ、弥八も表へ出て、折から来かかりたる風鈴そばなどを食し居る中、大地震となりたり」という記事があるが、これは数千人の死者が出た安政江戸地震（M 6.9, 1855）のときの話である（武者、日本地震史料、1951、畑銀鶏「時雨酒袖」より引用）。

24万人以上の死者が出た唐山地震（M 7.8, 1976）の際にも、イヌの異常行動が何例も報告されている。次の記事は、その一例である。

「あの夜（7月27日）、唐山周辺数百キロの地域では、イヌが同時に長い間吠え続けるのを聞いている。

—唐山市殷各庄公社大安各庄・李孝生の話—

彼の飼っていたイヌが一晩中どうしても眠らせてくれなかった。李孝生はいつもドアを開けたままで寝るのだが、イヌが部屋に入って起こそうとした。起きないでいると太股に咬みついた。痛さのあまりベッドからとび下り、この主人思いのイヌを追いかけまわしたという。」（銭、1988）。

読者諸君は、このような話をどう評価されるであろうか。いささか話ができすぎている感じがするが、まったく関係のない旧ソ連や中国および日

本から同じような報告がある点に注意する必要がある。このように地震の前にイヌが悲しく泣いた（単に吠えるだけではない）という報告は、チリ、中国、旧ユーゴスラビアなどの例が相当数ある。話があまりにもファンタスティックなので、にわかには信じがたいともいえる。

上記の例を含めて、場合によっては話があまりに荒唐無稽であるとして、動物を含む宏観前兆は日本の地震予知計画では正式の地震予知要素として取り上げられていない。

しかし、宏観前兆に注目した先駆者的立場の著名な学者も多い。高名な物理学者寺田寅彦は地震研究所員でもあった。寺田 (Terada, 1931) は善光寺地震 (M 7.4, 1847) の例を引いて、発光現象の論文を書いているし、1930年の伊東群発地震に際して、アジの漁獲高と地震回数との間に著しい相関があることを指摘している (Terada, 1932)。

「お魚博士」として有名だった末廣恭雄は地震の前にシグウナギやリュウグウノツカイなどという深海魚が捕獲されることがあることを報告している (Suyehiro, 1934)。

1930年頃、東北大学の畑井新喜司のグループは、ナマズが振動に敏感なときに地震が多いという実験結果を発表している (Hatai and Abe, 1932; Hatai, Kokubo and Abe, 1932)。

このような先人の認識にもかかわらず、その後長年にわたって、日本では宏観前兆の研究は行なわれず、いわゆる「町の地震学者」による断片的報告がときどきマスコミに取り上げられるだけであった。しかし、1970年代には中国で動物による地震予知が成功したと伝えられ、そのことが国会で取り上げられたりしたので、末廣先生を中心とする水産学者グループに文部省科学研究費補助金が支出され、「環境の自然的異常変動に対する動物の興奮特性に関する研究」が行なわれることになった。筆者は地球物理関係との連絡のために、このグループに参加したが、多くのデータを収集して動物異常行動と地震との関係を改めて調べ直すこととなった。これが宏観前兆研究の再出発のきっかけとなり、その後若干の規則性も確認され

るようになった。以下に、このようにして新しく見直された科学としての宏観前兆研究の概略を紹介しよう。

## 2. 出現地点 宏観前兆はどこで観測されるか

筆者およびそのグループは、既存文献調査、インタビュー、往復葉書によるアンケート、ボランティア情報などによって、過去の大地震に関連する宏観前兆データを収集した (Rikitake, 1978, 1981; 力武, 1979 a, 1986, 1989; 力武・鈴木, 1979)。その中核をなすデータは、安政東海 (M 8.4, 1854)、濃尾 (M 8.0, 1891)、関東 (M 7.9, 1923)、東南海 (M 7.9, 1944)、伊豆大島近海 (M 7.0, 1978) および宮城県沖 (M 7.4, 1978) 地震に関するもので総数 910 個にのぼり、いずれも先行時間 T (異常出現より本震に至るまでの時間) および出現地点が同定されている。以下の解析は主としてこれら 6 個の地震に関連する宏観前兆データによって行っている。ただし、異常気象や超能力データは除いてある。

これらのデータに基づいて、まず前兆出現地点の震央距離  $D$  (km) と本震の  $M$  との関係調べてみよう。データ数があまりに多いので、単に  $M$ - $D$  関係をプロットすると図が煩雑になるので、次のような工夫をする。まず、それぞれの地震について、20 km きざみで宏観前兆出現距離の頻度分布をつくる。次いで 20 km きざみの各範囲に入るデータ数を全体数で割って百分比をつくり、 $M$ - $\log D$  グラフ上で、 $D$  をその範囲の平均値として、百分比に比例する半径をもつ円を画くと図 1 が得られる。

この図をみると、 $M$  が大きくなると頻度の最大に対応する距離および最大出現距離が大きくなる傾向がみられる。この傾向は精密器械観測による地球科学的な前兆の場合と一致する (力武, 1987 a; Rikitake, 1987 b)。

これらのデータのうち、極端に大きな  $D$  を与えるものは誤ったデータである可能性が高いとして、各地震ごとにデータの 90% を含む距離を最大出

現距離  $D_{max}$  と仮定する。これはやや任意的であるが、極端に大きな震央距離における数少ない

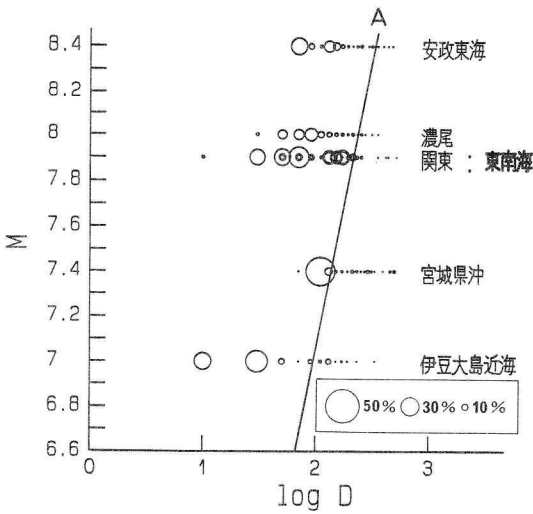


図1 6個の大地震に関する本震のマグニチュード  $M$  と宏観前兆出現地点の震央距離  $D$  との関係  
各地震について、20 km きざみの距離範囲についての頻度を百分比として円の大ききで示す。関東および東南海地震についてはいずれも  $M=7.9$  なので、円の線の太きで区別する。各地震についてデータの90%を占める距離を求め、直線で近似すると  $M$  と最大出現距離  $D_{max}$  との関係が直線 A のように求められる。

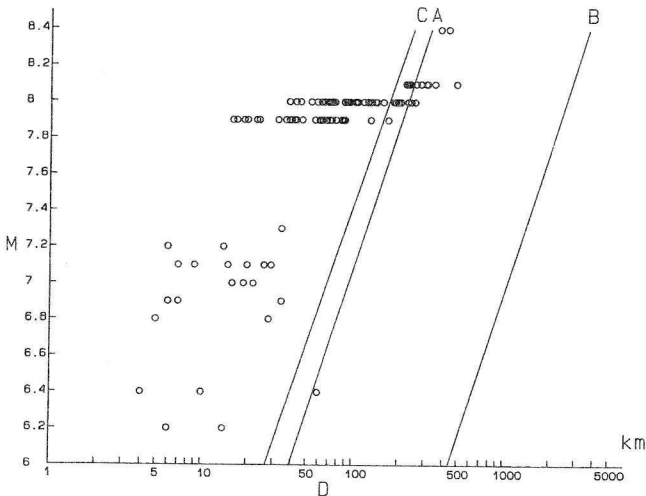


図2 地下水・温泉宏観前兆データのマグニチュード ( $M$ ) と出現距離 ( $D$ ) との関係  
A は宏観前兆の平均的  $M-D_{max}$  関係で、図1の A と同じ。B は地球科学的の前兆データ全体による  $M-D_{max}$  関係。C はそのうち測地・検潮による  $M-D_{max}$  関係。

データをノイズと考えることになる。このようにして得られた各地震ごとの  $D_{max}$  に最小二乗法を適用して、 $M$  と  $D_{max}$  の関係として、

$$M = 1.86 + 2.6 \log D_{max} \quad (1)$$

が得られ、図1の直線 A で表される。つまり、この直線より右側にはデータが存在しないことになる。この式を決定する場合に、地球科学的データに関する同様の関係、

$$M = -0.87 + 2.6 \log D_{max} \quad (2)$$

で表される直線の傾きがそのまま適用されると仮定してある。

式(1)から、 $M=6\sim 8$  の0.5きざみのマグニチュードに対応する  $D_{max}$  を求めると、表1のようになり、 $M 7$  および  $8$  に対応してそれぞれ震央距離約 100 および 230 km くらいまで宏観前兆の出現が期待できることになる。

宏観前兆の特性をより詳しく調べるために、特に地下水・温泉異常データの  $M-D$  関係をグラフにしてみよう。この場合、上記の6個の地震に関するデータのほか、昭和三陸津波 ( $M 8.1, 1933$ )、南海 ( $M 8.0, 1946$ )、丹後 ( $M 7.3, 1927$ )、高田 ( $M 7.2, 1751$ )、安政江戸 ( $M 6.9, 1855$ )、鳥取 ( $M 7.2, 1943$ )、鳥取沖 ( $M 6.2, 1943$ )、象潟 ( $M 7.0, 1804$ )、越後 ( $M 6.9, 1828$ )、福井 ( $M 7.1, 1948$ )、静岡 ( $M 6.4, 1935$ )、日の崎沖 ( $M 6.8, 1938$ )、今市 ( $M 6.4, 1949$ )、伊豆半島沖 ( $M 6.9, 1974$ )、但馬 ( $M 6.8, 1925$ ) 地震などに関する30個あまりのデータを補完してある。

表1 宏観前兆の最大出現距離  $D_{max}$  と本震のマグニチュード  $M$  との関係

$M$	$D_{max}$ (km)
6.0	39.0
6.5	61.0
7.0	94.8
7.5	148
8.0	230



図2はこのようにして得られた地下水・温泉異常に関する宏観前兆の M-log D グラフである。直線 A は図1の直線 A と一致し、6個の大地震のデータを用いて求められた M-Dmax 関係を表す。直線 B は地球科学的データの M-Dmax 関係を示し、前兆の項目（高感度の体積歪計による歪変化や比抵抗変化など）によっては、はるかに遠距離まで前兆が出現することを示す。直線 C は地球科学的前兆のうち比較的低感度と思われる測地測量や検潮儀によるデータの M-Dmax 関係であり、A と C はほとんど一致する。

したがって、地下水・温泉宏観前兆は測地測量などによって検知される地球科学的前兆が出現する地域に出現するということが言えよう。つまり前兆的地殻変動によって、井戸水の涸渇、異常増加、混濁、温泉の水温、水位、水質変化などが発生すると考えれば納得のいく話である。

Rikitake (1987) によれば、直線 C に対応する地殻歪変化は 100 万分の 1~1,000 万分の 1 ( $10^{-6} \sim 10^{-7}$ ) 程度で、100 km につき 10~1 cm 程度の地形変動である。

Dambara (1981) は地震に伴う地殻変動の平均半径は M が大きくなればなるほど大きくなる傾向があり、M 6, 7 および 8 に対応して、平均半径はそれぞれ 6.3, 20.4 および 60.1 km となることを示した。この地殻変動の発生範囲は余震域とほぼ一致し、歪エネルギーが蓄積している直接の震源域と考えられるが、地殻変動としての前兆は地球科学のおよび宏観ともどもその約 3 倍の距離まで出現するものと思われる。

M-Dmax 関係を他の種類の宏観前兆について調べることは興味あることである。発光現象や鳴動については観測点の震央距離は必ずしも現象の発生地点の D を与えるとは限らないであろうから、ここでは一応見送ることとし、動物異常行動を哺乳類、鳥類、魚類およびへび、昆虫、ミミズ……などに分類して、図は省略するが図2と同様の M-Dmax 関係を調べると、これらのプロットも図2とほとんど同様となるが、プロット全体が若干右へずれている傾向を示す。つまり、これらの宏観前兆は地下水・温泉前兆よりやや遠距離に

まで出現するらしいことになるが、果たして有意義な差があるか否か分からない。それにしても、これらの動物が地殻歪 ( $10^{-6} \sim 10^{-7}$  程度) に直接反応するとは考えにくく、歪変化に伴う何らかの現象（微小振動、微弱電磁気変動、地下水変化? など）に反応するのではないかと思われるが、目下のところ解明の決め手はない。

### 3. 先行時間 どのくらい前に検知されるか

ここでも地下水・温泉宏観前兆データを用いて、異常が検知されてから本震発生に至る先行時間 T (単位：日数) と M との関係調べてみよう。

図3は地下水・温泉データの log T-M プロットであるが、T は数分から数百日にわたって分布し、T と M との間に一定の関係があるようにはみえない。ただし、 $T=10 \sim 1$  日くらいのデータが断然多いようである。

地球科学的前兆データの研究によると (Rikitake, 1975, 1976), 第一種先行現象と呼ばれる測地、検潮、地震波速度変化、地震活動静穏化などの前兆については、M が大きくなると T も大きくなる傾向があることが知られている。これに対し前震、体積歪計による歪、比抵抗などの第二種先行現象では、そのような M と T の関係は認められない。したがって、地下水・温泉宏

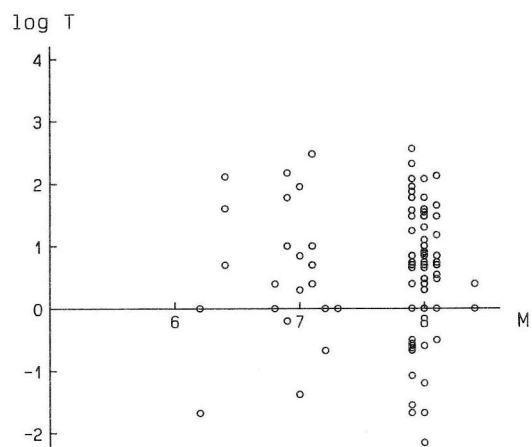


図3 地下水・温泉宏観前兆データの log T (日数で測った先行時間の対数) と本震の M (マグニチュード) との関係

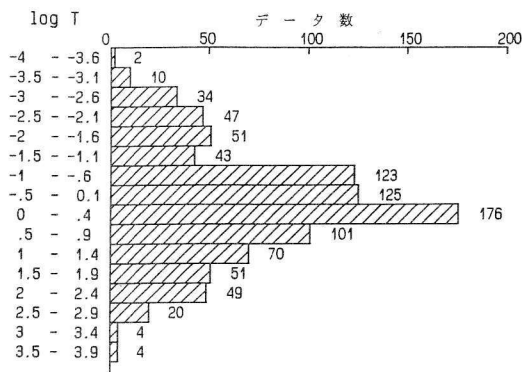


図4 6個の大地震についての宏観前兆の先行時間の対数 (log T) の頻度分布

観前兆は第二種先行現象に属すると言えよう。

動物異常データを哺乳類、鳥類、魚類およびヘビ、昆虫、ミズズ……などに分類して、図3と同様の図をつくってみても、TとMの間には一定の関係を見出すことはできない。

そこで、前述の6個の大地震の宏観前兆データについて、log Tについて0.5きざみの頻度分布をつくると、図4のようになる。この図から明らかのように、宏観前兆データは本震の100日くらい前から増加し始め、10日くらい前には発生頻度が急増し、1日くらい前にピークに達する。この傾向は個々の地震の場合についても同様である。

力武(1986, 1989)は図4のような頻度分布は、品質工学などでしばしば用いられるワイブル分布によって近似されることを示した。この場合、2つのパラメータが決定されるが、このパラメータを用いて前兆が出現したとき、ある指定した期間内に地震発生となる確率を計算できる。詳しいことはやや煩雑な数式を用いることになるので、ここでは省略する。また、Tの平均値も求められるがここで得られたパラメータを用いると0.42日ということになり、宏観前兆は短期的前兆ということになる。

#### 4. 宏観前兆による地震予知

実用化が可能かも

今まで述べてきた宏観前兆の特性を踏まえて、実際の地震予知に果たして適用できるか否かを調

べてみよう、従来荒唐無稽とも言われてきた宏観前兆を扱うのだから、異端的であると言われても当然だが、ここが「異説：地震予知」と称するポイントで、筆者にはかなりの意味があるように思われる。

(1) 震央域——本震の起こる地域とマグニチュードの推定 2節において、宏観前兆の最大出現距離  $D_{max}$  を各マグニチュードごとに求めた。いま1つの宏観前兆が観測されたとすると、Mを仮定すれば、その地点を中心として対応する  $D_{max}$  を半径とする円を画けば、来たるべき本震の震央はその円の中にあるという論理的帰結になる。したがって複数の前兆が出現すれば、各観測点について同様の円を画き、すべての円がオーバーラップした領域内に震央があるはずということになる。このような  $D_{max}$  法は地球科学的な前兆について実行されていて、かなりの成功が得られている(力武, 1987a; Rikitake, 1988)。

この  $D_{max}$  法を関東地震 (M 7.9, 1923) の宏観前兆データを用いて実行してみよう。データ総数は193個にも達するが、 $T \geq 1$  月に対応する46個のデータに適用した結果は図5のようになる。図中の二重丸は震央、矩形は震源の断層モデル

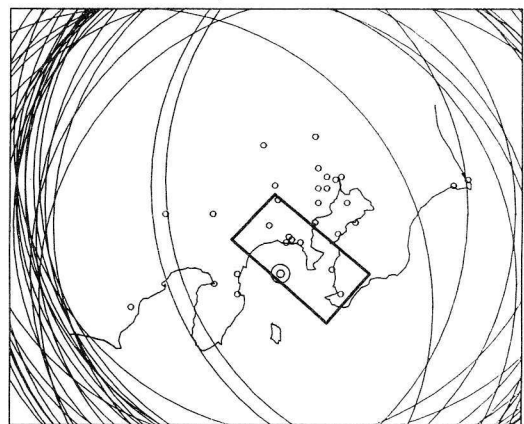


図5 関東地震の  $T \geq 1$  月に対応する宏観前兆46個に  $D_{max}$  法を適用した結果 M=7.9を仮定。小円は前兆出現地点。二重丸は震央を示し、矩形は震源モデルの水平面投影である。

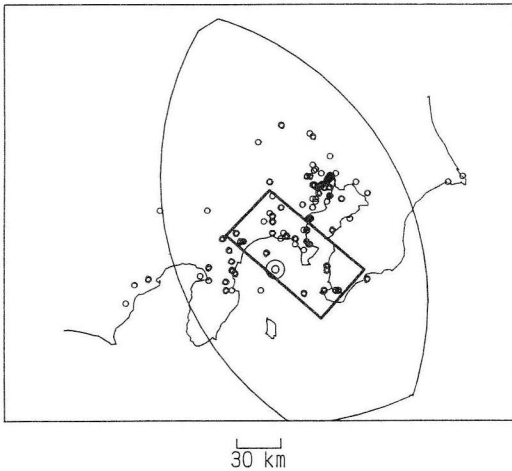


図6 193個のデータ全部にDmax法を適用して得られた関東地震の宏観前兆震央域  
小円、二重丸、矩形の定義は図5と同じ。M=7.9を仮定。

ル(Ando, 1974)の水平面投影である。この場合M=7.9としてある。たしかに、すべてのDmax円がオーバーラップする領域内に震央および震源断層が存在することが分かる。さらにすべてのデータ193個についてDmax法を適用して、すべての円がオーバーラップする領域を求めると、図6のようになる。この場合煩雑を避けるためDmax円は省略してある。この領域は震央および震源断層を含み、領域の平均半径は200km程度である。M=7.9に対応する直接の震央域の半径は60kmくらいとされているが、宏観前兆の出現する範囲は約3倍の広さとなるとされているので、まずは妥当な宏観震央域であると言えよう。

Mとしてより小さな値を用いると、Dmax円がオーバーラップしなくなるのでMの下限の概略値が定められる。Mがそれほど小さくなくとも、宏観震央域があまりに狭くなってしまうこともある。また、あまりに大きなMを仮定すると、みかけの宏観震央域は広すぎて常識を逸脱する。したがって、この場合にはM=7.9くらいが妥当な値であろうということになる。

このようにして、宏観前兆データにDmax法を適用することにより、震央域およびMの概略値(あまり精度がよいとは言えないが)を求めることができる。濃尾地震(M 8.0, 1891)の場合に

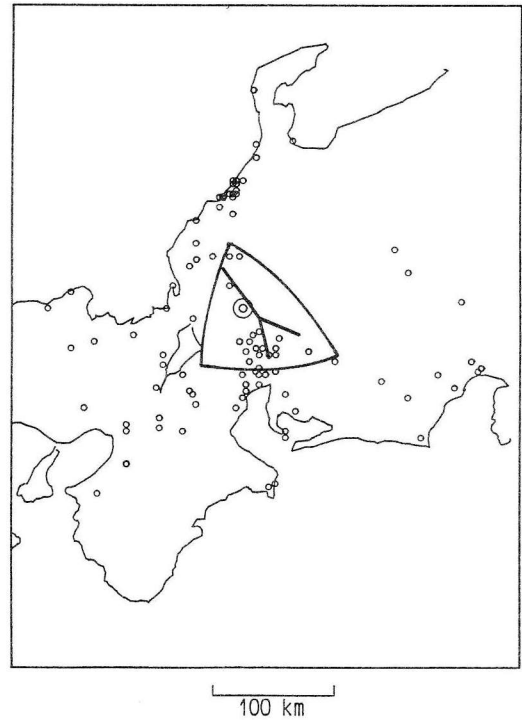


図7 141個のデータ全部にDmax法を適用して得られた濃尾地震の宏観前兆震央域  
小円、二重丸は図5と同じ定義。この場合、断層面はほとんど鉛直で図の太い直線で示される。M=8.0を仮定。

についても、M=8.0としてDmax法を適用した結果は、図7のようになり、まずまずの結果が得られたと言えよう。図の断層モデルはMikumo and Ando (1976)による。ただし、宏観前兆の観測点の分布が震源域に対し地理的にかたよっている場合には、必ずしも正確な宏観震央域が得られないようである。

いずれにしても、従来あまり信用されなかった宏観前兆データを用いても、一応本震の震央域やマグニチュードが推定されることは注目すべき点であろう。

(2) 発生時期——本震発生確率は徐々に高まる 3節で述べたように、1つの前兆が出現したとするならば、その時点からあるタイムスパン内に地震発生となる確率が求められる。複数の前兆が逐次発生した場合には、すべての前兆の影響を考慮して総合確率の時間的推移を求めることができる

(宇津, 1977, 1979, 1982; Utsu, 1983; 力武 1987b, Rikitake, 1988; Maeda and Yoshida, 1990) は、伊豆大島近海地震 (M 7.0, 1978) に先行して出現した複数の地球科学的前兆データを用いて、地震発生の総合確率の時間的推移を求めた。

詳しい数学的取り扱いが省略するが、上記の手法は当然宏観前兆にも適用できる。関東地震 (M 7.9, 1923) を例にとると、本震の9か月前に前兆第1号が出現し、以下出現データはだんだんと数を増している。第1号出現時を時間の原点とし、本震前日までの宏観前兆出現のデータ数は図8の上の図に示されている。ある時点から1日のタイムスパン以内に地震発生となる確率を3節で述べたパラメータを用いて計算し、すべての確率を合成して上述の宇津の理論によって総合確率を求める。

この場合、不正確または地震に無関係なデータもかなり含まれていると思われるので、データの信頼度を設定する。例えば信頼度に0.025 (1/40,

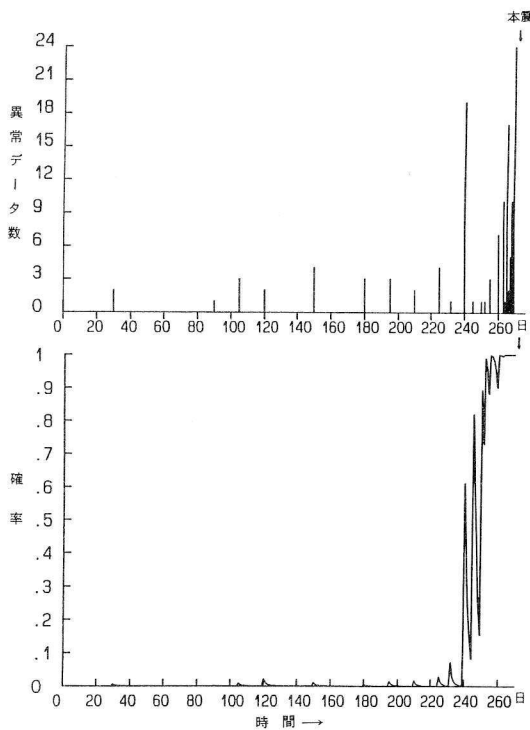


図8 (上) 関東地震の宏観前兆出現状況 前兆第1号出現時(9か月前)を時間の原点とする。(下) 前兆出現に伴う地震発生確率の時間的推移 データの信頼度を1/40としてある。

40個に1つは正しい) というような厳しい値を与えて計算すると、確率は図8の下の図のように推移する。前兆が1個観測されると、地震発生確率は増加するが、何事もなければ確率は下がってしまう。しかし、下がりきらないうちに次の前兆が出現すると、確率の増加は著しくなる。本震まじかになって前兆数が増加すると、確率上昇はきわめて顕著になり、信頼度1/40という厳しい条件をつけてあるにもかかわらず、この場合本震直前には確率はほとんど100%に達する。

この確率計算には、各事象が互いに独立であるという仮定が入っている。この場合注意しなければならないのは、単独確率が10%の事象でも、10、20および30回重なるとそれぞれ65、88および96%の確率ということになる点である。これは一種の確率のマジックである。図8の本震直前の確率急増にはこのような効果も含まれていると考えるべきであろう。また、各前兆が互いに独立であるとして取り扱ってよいか否かについても議論があるであろう。さらに信頼度の値は勝手に設定したもので、あまり根拠はない。

したがって、ここに求めた確率の絶対値についてはあまり信用することはできない。重要なポイントは本震発生時期が近づく確率が著増する点である。仮に図8のような確率の時間的変化例が数多く得られるようになれば、信頼度の値や得られた確率値の評価は自然に定まってくることになるであろう。それまでは、いつも一定の方式で計算を実行し、確率値があらかじめ設定した値に達した場合には警戒を強めるというのが合理的であろう。

## 5. 問題点

### リアルタイム処理とモニター・ステーション

4節では宏観前兆データによっても、来たるべき本震の震央域やマグニチュードのおよその見当がつけられ、本震発生確率の時間的変化も一応求められることを示した。しかし、この場合の最大の問題点は、すべてのデータが地震後の調査によって得られている点である。したがって地震予知

の可能性は示されたが、具体的に地震予知をやってみせたことにはならない。

地球科学的データの場合でも同様であるが、実用的予知のためには地震発生以前に逐次発生する前兆をリアルタイムで追跡しなければならない。1989年伊豆東方沖群発地震・伊東沖海底噴火の際には、宏観前兆に関する多くの情報が一般市民より寄せられている。情報の提供先は新聞社、テレビ局、市役所、警察署、消防署などで、電話連絡が大部分である。このときには群発地震活動がやや長期間継続しているので、普通の大地震前の宏観前兆の発生状況とは異なるのであろうが、ここで取り扱った6大地震の例にみられるように、例えば将来予想される東海地震などの場合にも、宏観前兆が出現する可能性があることは否定できず、もし顕著に出現するならば実際の地震に先立って社会不安を起すことも考えられる。

いずれにしても、電話やファックスの普及した現在においては宏観前兆情報の収集は、過去の事例とは異なって、ほとんどリアルタイムまたは準リアルタイムで実行可能であろう。地球科学的な前兆の場合には、観測データは当然リアルタイムで気象庁にテレメーターされているが、情報の受け皿としての情報収集・処理センターを整備すれば、宏観前兆といえども迅速な収集・処理が期待できる。

日本ではあまり例がないが、宏観前兆が地震前に時を追って数多く収集された例として、中国四川省の松潘—平武地震（M 7.2, 6.7, 7.2, 1976年8月16, 22, 23日）がある（羅, 1978; Oike, 1978; 力武, 1979b）。中国では異常を積極的に行政当局に報告することが奨励されているが、1976年6月頃から地下水とか動物の異常、7月中旬には地面からの火球出現などが報じられ、7月末～8月上旬には大衆からの異常報告数が図9のように著増した。

松潘—平武地震には、前震らしい前震はなかった。しかし、図9のように宏観前兆の報告数は地震が近づくと増加し、地震発生後減少する傾向を示す。この場合のデータは準リアルタイムと考えてよいであろうから、図9のデータを用いて、

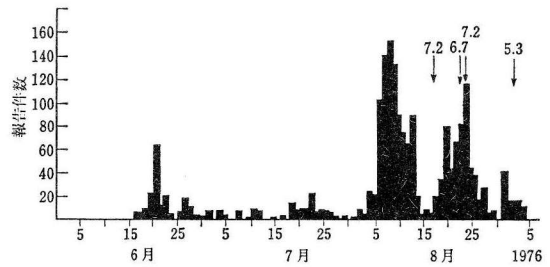


図9 松潘—平武地震に先行する宏観前兆の報告数の変化

時々刻々確率を算定することは可能であったはずである。当然報告数増加に伴って確率は著しく増大することになる。

日本でも長期的に地震発生確率が高まっている地域において、宏観前兆情報収集・処理センターを例えば県庁などに設置して、積極的にデータを収集することは実行可能であろう。センターの存在を広くPRして、例えば無料電話による情報提供を受けることなどが考えられよう。この場合、データの質を判断することなども必要であろうが、必ずしも膨大な人員・経費を必要とはしないであろう。データ処理や日々の確率算定などはパソコン程度の機器で対応できると思われ、筆者のグループでは既に予備的プログラムを作っている。

次に世間一般からの情報提供を待つだけでなく、モニター・ステーションを設置することによって、より積極的にデータ収集に努めることが重要であろう。モニターする項目としては、地下水・温泉の水位・水温・水質、定量化された動物異常行動、乳牛のミルク生産量、鶏卵生産量、漁獲量などいろいろあると考えられる。この点について詳しくは静岡県地震対策課（1991）などを参照して頂きたい。例えば動物異常行動の定量的ランクづけができれば、一律に仮定している確率計算における信頼度にウエイトを付加することができるであろうから、確率算定の精度を高めることができよう。

## 6. あとがき

1976年、イタリア北東部から旧ユーゴスラビア国境にかけてのいわゆるフリウリ地方は、死者1,200人を超えるM 6.7の地震に襲われた。この

地震の前、シカは群をなし、ネコは家から逃げだして村から出ていった。ニワトリは小屋に入ろうとせず、地震 15~20 分前には家畜類はパニック状態となった。イヌは何の理由もないのに吠え続けた。地震前腕時計の修理をしていた人がいたが、ぜんまいをピンセットではさんで時計に取り付けようとする、ぴんとはねてしまって取り付けが不可能であった。おかしいと思って繰り返しているうちに地震となったという。

地元出身の物理学者 H. トリブッチ (Tributsch, 1978) は「Wenn Die Schlangen Erwachen (蛇が目覚めるとき)」という本を出しているが、この本の中で地震前の動物異常行動は空中電場の異常によるという説を述べている。そういえば、時計のぜんまいの反発は、時計が帯電していたことを示すと言えよう。この本は P. Langner 訳「When the Snakes Awake」(Tributsch, 1982) および渡辺正訳「動物は地震を予知する」(Tributsch, 1985) として出版されている。

要するに地殻内のストレスが高まってくると、地面から電気を帯びたイオンが出てきて空中電場に異常を来し、動物はそれに感じるのだというわけである。前線が近づくと頭が痛くなる人がいるが、それと似たような効果と言えよう。空中電場説は検討に値するが、完全に証明されていない。

トリブッチの本はそれなりに面白いが、彼はその本の中で日本の研究にふれ、「寺田寅彦、末廣恭雄、武者金吉の諸氏が先導者となって日本で一度は開花した分野——地震に関連した動物挙動の研究——はいつの間にか萎れてしまった」、また筆者 (Rikitake, 1976) の著書を引用して、「このように個人レベルで勇敢な諸研究を行った先駆的の科学者達と、現在の日本の大部分の地震学者とは、その姿勢が根本的に違うようだ」などと記している。

トリブッチが日本の地震学者を非難する点は理解できるが、その代表が筆者であるとして槍玉に挙げられているのは理解に苦しむ。筆者は宏観前兆を科学的に研究すべきだという観点から、論文や著書のなかで積極的に取り上げてきたので、

トリブッチの目にふれただけで、彼の批判はいささか心外である。実状としては、日本の学者のほとんどが宏観前兆に無関心なのである。このことこそ批判されるべきであろう。最近では彼は筆者の真意を理解したようであるが、それにしても日本の地震学者のなかにこの問題をきちんと取り上げる人がもっといてもよいのではなかろうか。

ところで本文はちゃんとした学術論文ではないのだが、読者諸氏がさらに進んで問題を調べてみようと考えられた場合の参考に、文献を詳しく列挙したので、いささか煩雑になったかもしれないが、ご容赦願いたい。なお、ポピュラーな刊行物を含めて入手可能と思われる一般の解説書および文献をも挙げておく。

#### 一般解説書および文献

- 安徽省地震局編 (力武常次監修・杉充胤訳), 1979. 宏観異常と地震, 共立科学ブックス, 共立出版。  
力武常次, 1978. 動物は地震を予知するか, 講談社ブルーバックス; 全集「日本動物誌」19 巻, 講談社。  
力武常次, 1979. 犬が悲しく泣く, 工業調査会。  
力武常次, 1986. 地震前兆現象, 東京大学出版会。  
力武常次, 1989. 動物による地震予知, 日本機械学会誌, 92, 77-81。  
トリブッチ, H. (渡辺正訳), 1985. 動物は地震を予知する, 朝日選書, 朝日新聞社。

#### 引用文献

- Ando, M., 1974. Seismo-tectonics of the 1923 Kanto earthquake, *J. Phys. Earth*, 22, 263-277.  
Dambara, T., 1981. Geodesy and Earthquake Prediction, In *Current Research in Earthquake Prediction I*, edited by T. Rikitake, Center for Academic Publications Japan/D. Reidel Publishing Company, 167-220.  
Evernden, J. F. (Editor), 1976. *Abnormal Animal Behavior Prior to Earthquakes, I.*, U. S. Geological Survey.  
Hatai, S. and Abe, N., 1932. The responses of the catfish, *Parasilurus Asotus*, to earthquakes, *Proc. Imp. Acad. Japan*, 8, 375-378.



- Hatai, S., Kokubo, S. and Abe, N., 1932. The earth currents in relation to the responses of catfish, *Proc. Imp. Acad. Japan*, 8, 478-481.
- Maeda, K. and Yoshida, A., 1990. A probabilistic estimation of earthquake occurrence on the basis of the appearance times of multiple precursory phenomena, *J. Phys. Earth*, 38, 431-444.
- Mikumo, T. and Ando, M., 1976. A search into the faulting mechanism of the 1891 great Nobi earthquake, *J. Phys. Earth*, 24, 63-87.
- 武者金吉, 1951. 日本地震史料, 毎日新聞社.
- Oike, K., 1978. Precursory phenomena and prediction of recent large earthquakes in China, *Chin. Geophys. (Am. Geophys. Union)*, 1, 179-199.
- 羅約礼, 1978. 松潘—平武地震における地震予報と震災対策, 技術と経済, 1978年11月号, 科学技術と経済の会, 76-90.
- リチネッキー, I. B. (金光不二夫訳), 1972. 生物たちの超能力, 東京図書, 1973.
- Rikitake, T., 1975. Earthquake precursors, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 65, 1133-1162.
- Rikitake, T., 1976. Earthquake Prediction, Elsevier.
- Rikitake, T., 1978. Biosystem behaviour as an earthquake precursor, *Tectonophysics*, 51, 1-20.
- 力武常次, 1979 a. 伊豆大島近海地震と動物先行現象, 地震予知連絡会会報, 20, 67-76.
- 力武常次, 1979 b. 地震予報・警報論, 学会誌刊行センター/学会出版センター.
- 力武常次・鈴木美音子, 1979. 宮城県沖地震と動物先行現象, 地震予知連絡会会報, 21, 28-37.
- Rikitake, T., 1981. Anomalous animal behaviour preceding the 1978 earthquake of magnitude 7.0 that occurred near Izu-Oshima Island, Japan, In *Current Research in Earthquake Prediction I*, edited by T. Rikitake, Center for Academic Publications Japan/D. Reidel Publishing Company, 69-80.
- Rikitake, T., 1982. Earthquake Forecasting and Warning, Center for Academic Publications Japan/D. Reidel Publishing Company.
- 力武常次, 1986. 地震前兆現象, 東京大学出版会.
- Rikitake, T., 1987. Earthquake precursors in Japan: precursor time and detectability, *Tectonophysics*, 136, 265-282.
- 力武常次, 1987 a. 前兆現象の経験則に基づく実用的地震予知(1) — 震央およびマグニチュード, 地震2, 40, 213-223.
- 力武常次, 1987 b. 前兆現象の経験則に基づく実用的地震予知(2) — 地震発生時期, 地震2, 40, 605-617.
- Rikitake, T., 1988. Earthquake prediction: an empirical approach, *Tectonophysics*, 148, 195-210.
- 力武常次, 1989. 濃尾地震の前兆現象, 地震2, 42, 451-466.
- 銭綱, (蘇錦・林左平訳), 1988. 唐山大地震, 朝日新聞社.
- 静岡県地震対策課, 1991. 宏観異常現象の観測マニュアル検討調査.
- Suyehiro, Y., 1934. Some observations on the unusual behaviour of fishes prior to an earthquake, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, Suppl.*, 1, 228-231.
- Terada, T., 1931. On luminous phenomena accompanying earthquakes, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, 9, 225-255.
- Terada, T., 1932. On some probable influence of earthquakes upon fisheries, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, 10, 393-401.
- Tributsch, H., 1978. Wenn Die Schlangen Erwachen, *Deutsche Verlags-Anstalt*.
- Tributsch, H. (P. Langner 訳), 1982. When the Snakes Awake, MIT Press.
- Tributsch, H. (渡辺正訳), 1985. 動物は地震を予知する, 朝日新聞社.
- 宇津徳治, 1977. 地震予知の適中率と予知率, 地震2, 30, 179-185.
- 宇津徳治, 1979. 地震予知の適中率の計算(伊豆大島近海地震を例として), 地震予知連絡会会報, 21, 164-166.
- 宇津徳治, 1982. 地震予知の適中率と予知率(第2報), 地震研究所集報, 57, 499-529.
- Utsu, T., 1983. Probabilities associated with earthquake prediction and their relationships, *Earthq. Predict. Res.*, 2, 105-114.
- [りきたけ つねじ 東京大学・東京工業大学名誉教授]

# 地震予知—地電流による可能性

小嶋美都子

はじめに  
いままぜ地電流なのか

“地震予知”というからには、よく言われているように、(1)いつ、(2)どこで、(3)どんな規模の、地震が起こるのであると言わなければならない。特に、(1)、(2)については厳密さが要求される。わが国においては、国家的な努力がなされているにもかかわらず、いまだ地震予知に成功した経験を持たない。一方、これらとは少し距離をおいて、地電流（地電位）による地震予知をめざして、前兆現象を捉える努力が長年続けられているが、いま、この地電流による地震予知の可能性に熱い期待が寄せられている。当文では、これまでの報告事例（すべていわゆる“post-prediction”である）をレビューしながら、新しい観測方法と解析手法について紹介し、地電流による地震予知の可能性を探ってみたいと思う。基礎的な研究の積み重ねと、先人たちの“成果”を検討評価することが、本物の地電流の地震前兆現象を捉える近道につながるからである。

現在私たちは、岩石の破壊実験、地震に伴う地電位の変化発生メカニズムの提案や理論的考察があることから、地震に関連した地電位変化が起こる可能性自体は認めるものの、その変化自体が、なぜ、いつ、どこで、どのくらいの大きさのもので、どんなタイプの変化（継続時間も含めて、ステップ状か、スパイク状か、ゆっくりしたものか等々）なのかなどについて concept を持っていない。これまでに報告された地震の前兆現象とされる地電位変化をみても、それらは千差万別で法則性が見い出せない。勿論、メカニズムが1つだけとは限らないし、当然、異常変化が現れる場所

の地下の構造や状態などによって観測される異常変化の形態は異なってくるであろうから、一般化した説（モデル）を求めることはできないかもしれないが、それにしても百人百様のメカニズムが存在するはずはない。私たちがこんな現状にあるとき、その当否は別問題として、例外的に、ギリシャにおいては、上記の(1)、(2)、(3)を含む予知に“成功”しているという驚くべき報告がある。このVAN法について、また、日本におけるVAN法検証の試みについても触れてみたい。

## 地電流とは

一般に、2地点間に流れる電流は、どのようなパスを通して流れるのかわからないうえに、もしわかったとしてもパスのどこかに電流計を埋めるわけにもいかないので、地電流そのものを直接測ることはできない。2地点間の電圧（電位差）ならば、それぞれの地点に電極を埋設し、それらの電極の間に電圧計を接続すれば測れる。このように地電流は直接測れないので、実際は、地電位（差）を測っており、地電位観測は地電流観測とも呼ばれる由縁はここにある。当文では、さしつかえがないところではこれらを区別しないで用いている。

地電位観測には電極が不可欠で、簡単には銅板や市販のカーボンアースなどを用いてもよく（実際にはこれらの電極の接地抵抗などに問題があることがしばしばであるが）、観測自体は、2地点間の電圧を測る（例えば、ペンレコーダを繋ぐ）だけで、原理的には簡単であるため、だれにでも手軽に安価にできる観測である。地電位変化に地震の前兆が含まれている可能性は十分あると考えられており、事実、これまでに、地震の前に地電

位が変化するという報告はたくさんある。しかし、地電位を変化させる要因は多くあるため、実際に観測された地電位変化の意味を知ることは複雑でむずかしい。図1に実際に観測される地電位変化が何によって影響されるかを模式的に示した。地電位とはいかにきたないものであるか、これでおわかり頂けると思う。

これまでの地電位観測方法と、それによる結果の報告における主な問題点をまとめると、次の3点があげられる。

- (1) 通常、電極と土壤間の接触電位は不安定であり、気象現象、特に降雨によって大きく影響される。
- (2) 地電流の性質上、人工的ノイズが入りやすい。
- (3) 加えて、仮に上の2点がクリアされていたとしても、地球外部磁場変化による誘導電位変化（これが地電位変化の大部分を占める）が取り除かれていない。

したがって、単に、ある地電位変化が記録され、その時刻が、ある地震の発生時刻の前であった、というだけで、その地電位変化とその地震の2つの現象を結びつけるのは早計である。残念ながら、従来からの多くの報告においては、これらの問題点が解決されていないのがほとんどである。それ

では、それらの報告があまり信用されないのは当然といえよう。

### これまでの報告の例

地電位観測は、1849年にBarlowがイギリスのダービーを中心にした電信線システムを用いて行なったのが初めてである。地震に伴った地電流の異常の報告例は、Varleyによる1871年3月17日にカナダのニューファンドランド島付近で起きた地震の場合が最も古い。これは世界的科学雑誌『Nature』の第3巻に載った30行足らずの報告である。それによれば、地震の前後数分間にわたり2本のアメリカーイギリス間の電信線をイギリスの方向にかなり強力な電流が流れ、そのため同島のトリニティ湾の近くで電信線が壊れた事実を報告している。地震と大電流との関係を説明するために、Varleyは地震のあるものは地下で起こる雷放電によるものではないかと考えた。しかし、このときは、同時に大西洋の他の海底ケーブルやイギリスの陸上の多数のケーブル等にも大電流が流れており、現在、原因は磁気嵐だったと誰でも考えるのが当然である。事実、1867年からイギリスのグリニッチ観測所では地磁気の観

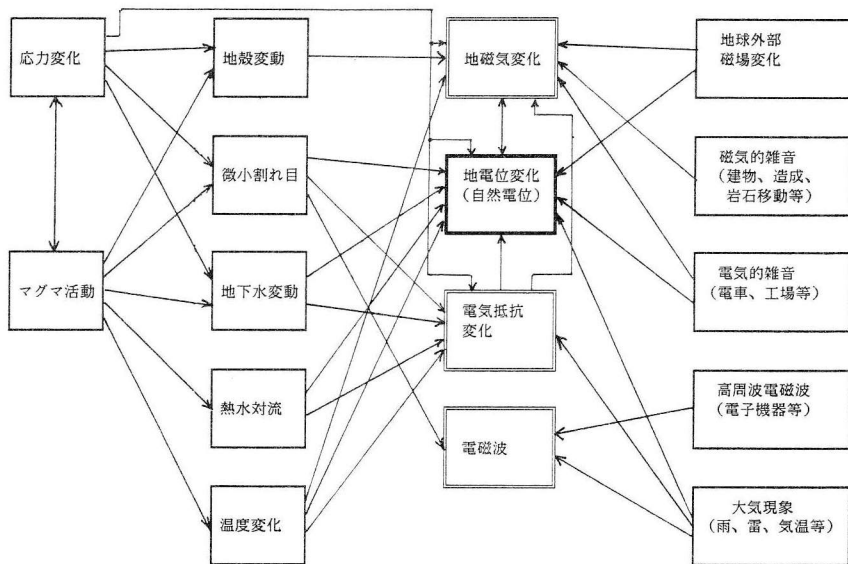


図1 地電位変化（自然電位）と他の自然現象や人間の活動などのかかわりを示す模式図（森による）

測記録をとっており、Mayaud が 1973 年にまとめた磁気嵐のリストで 1871 年 3 月 17 日に磁気嵐が起こったことを知ることができる。

明治時代に御雇教授として日本に 19 年間滞在し、日本の地震学養成に大きな役割を演じたイギリスの Milne は 1890 年日本地震学会輯報に載せた大論文「Earthquakes in connection with electric and magnetic phenomena」の中で、地震時に起きた大きな地電流異常の 1870 年代の報告例を上記の Varley のものも含めて 6 例紹介している。Milne は人工地震の経験を基に、これらの地電流の異常変化は地震動による電極の震動のために起こったと考えた。しかし、Varley の場合の他に、もう 1 例についても磁気嵐が発生したことを筆者は Mayaud のリストで確認した。他の 4 例については磁気嵐が来たかどうか不明であるが、多分これら 4 例も同様に、磁気嵐など地球外に原因をもつ地磁気変化による地電流異常が全く偶然に地震発生と同じような時間に起こったと、または、Milne の言うように、単に電極の震動のために起こった異常変化であると考えてよさそうである。1883 年から長崎一釜山間の海底ケーブルを利用して地電流観測を行っていた志田は Milne より前 1886 年日本地震学会輯報に発表した論文「On Earth Currents」の中で、Graves の論文を引用する形で、地震時に観測された地電流異常変化の 1870~1880 年代の報告例を 5 つ紹介している。そのうち 3 例は磁気嵐によるものであることがわかった。

日本においては、1925 年に白鳥により仙台付近で関東地震（1923 年 9 月 1 日）、岩手県遠野付近の地震（1923 年 10 月 9 日）、および福島県中村沖の地震（1923 年 10 月 31 日）のときに地電流異常変化が観測されたことが報告されたのが始めてである。これら 3 つの場合とも見事に地震をはさんだ数時間~1 日の間に 10 m の電極間に数 10~100 mV の変化が現れている。しかも震央距離はそれぞれ約 380 km, 120 km, 60 km である。これらのうち、少なくとも関東地震の場合は地震動による電極の震動の結果であると考えられる。

永田（1944）は鳥取地震（1943 年 9 月 10 日）

でできたての鹿野断層に 2 測線を設け地電流を観測し、余震活動と地電位変化との関係を調べた。すでに 50 年も前に、余震について、震源の真上とでもいえるできたての断層をまたいで連続観測を行ない、地震と関連した地電流の異常変化をとらえる試みがなされていたとは驚きである。しかし、今日、論文に載っている記録を柿岡地磁気観測所の地磁気の記録と対比してみると、余震の前に起きた“異常変化”は地磁気の変化によるものとして説明できることが分かる。

吉松（1943）は永田と同じく鳥取地震と地電流の変化との関係を調べたが、永田と異なるところは、震源から 540 km 離れた柿岡で地電流を観測していることである。吉松はいわゆる差電位差法により、本震の前後 8 日間のデータを示し、地震活動と差電位差の異常変化が対応していると報告している。しかし、現在、われわれがそのデータをどんなに欲目にみても対応しているとはいえない。地震が無いときでもこの程度の大きさの変化は起きているし、何よりも不思議なのは、本震に対応するとしている異常変化の大きさが余震のときのに比べて全く同じか小さめであることである。この他にも、吉松は柿岡における差電位差法によって、新島近海地震（1936 年 12 月 27 日）、安房野島崎沖地震（1936 年 10 月 26 日）、田辺湾沖地震（1938 年 1 月 12 日）などの M が 6 クラスで震央距離が数百 km の地震に伴ったとみられる異常変化を報告している。

これらの一連の差電位差法による報告には大きな問題が含まれていることを見逃す訳にはいかない。すなわち、第 1 に、この方法は平行な 2 本の長・短基線のそれぞれの地電位差の差をとることで地磁気変動による誘導成分を取り除き、局地的に発生した地電位差の変化のみを検出するもので、原理自体には問題がなくとも、観測に使用している電極の接地抵抗の安定性、降雨による影響などを考慮していなかったことが問題として指摘される。つまり、差電位差をとったからといって降雨の影響からは逃れられなかったのであって、局地的な地電位差の変化のみを検出していたのではない。これまで世界第一級と言われてきた柿岡での

地電流観測でさえも、降水の影響の問題から解放されているわけではないことは現在でも事実である。第2に、かりに、本当に局地的に発生した地電位差変化を検出したものとしても、なぜ、200～数百 km も離れたところで起こった（起こる）地震が柿岡地磁気観測所の付近の局地的な地電流変化を引き起こし得るのかが疑問である。

以上、古典的事例についていくつかみてきたが、最近までの地球電磁気学的前兆事例の主なもの、力武常次著『地震前兆現象——予知のためのデータ・ベース』に日本におけるものが、また、気象庁気象研究所地震火山研究部がまとめた『地震前兆現象のデータ・ベース』には日本と外国におけるものが、整理されリストされている。最近の日本における報告事例では、例えば、力武・他（Rikitake, et al., 1966）による松代群発地震（1965年8月～）、本蔵（1978）による伊豆大島近海地震（1978年1月14日）、岸本（1980）、宮腰（1985）による山崎断層近傍地震（それぞれ1979年12月28日および1984年5月30日）についての報告例にみられるように、震央のごく近くでその地震と関係があると思われる異常変化を観測していることが古典的報告事例と（永田は例外）大きく異なっている。古典的報告事例では、ある場所で地電流の観測を行っていたら、たまたま異常変化が現れ、それらを遠くでもどこかで起こった地震と時間的に対応させているにすぎない。最近の事例では、力武・他（1966）による松代群発地震の場合のように、積極的にこちらから地震に近づいていって、または、地震の起こりそうな所を選んで、そこで地電流を観測するというのが主流となってきており、時代が経るにつれ、われわれはより確かなものに近づきつつあることがわかる。しかし、依然として、これらすべての報告に共通した問題——電極の安定性や降水の影響など——が常につきまとしており、いずれも、本当の前兆現象であるとする決め手に欠けているのが現状である。

## 新しい地電流観測方法 NTTの通信施設を利用した地電位観測

こんな状況の中で、それでもなお、勇敢にも地電流によって地震の前兆現象を捉え、予知に役立てたいとしたら、われわれは何をなすべきか？

まず、地電位観測につきものの、気象現象に影響されやすいとか、電極と土壤の状態によっても影響されやすいとかいう数々の弱点を克服し、安定した、しかもノイズの少ないデータが得られる観測方法を確立することである。さらに、地電位変動の中では避けられない地磁気誘導による変動を精度よく分離することが必要である。これらなくして地震と関連した地電位異常変化（多分、微小であると想像される）の検出はあり得ない。これらのことを真摯に追求し、安定したよいデータを採ることに成功し、それらのデータを用いて、準リアルタイム的に地磁気誘導成分を分離し、地電位異常変化の微小なものまでも検出する手法を確立したグループがある。

気象研究所は1983年に試験的にNTT（当時は電々公社）の通信施設を使って地電位観測を下館付近で始めた（森, 1985）。NTTの電話中継所間には地中埋設ケーブルがあり、その中には装置監視などに用いるケーブル回線がある。森はその回線と電話中継所内のアースを利用して地電位変化を観測することにより、長期的に安定した信頼性の高いデータが得られることを示した。従来の観測方法では電極と土壤との接触電位がとても不安定なことが多いために、得られた変化が地震に関連したものかどうかを判定することが困難であった。特に、降雨による影響（接触電位または電極のごく近傍における状態変化）が避けられなかったが、新しい方法によると降雨による影響は無視できることがわかった。このことは、NTTのアースは接触抵抗が低く抑えてあり、また、埋設位置が深いためと考えられる。

この方法だと、電極間の距離を10 km～数十 km と長くとることができ、その地域の平均的な地下構造を反映した地電位変化が得られる。また、

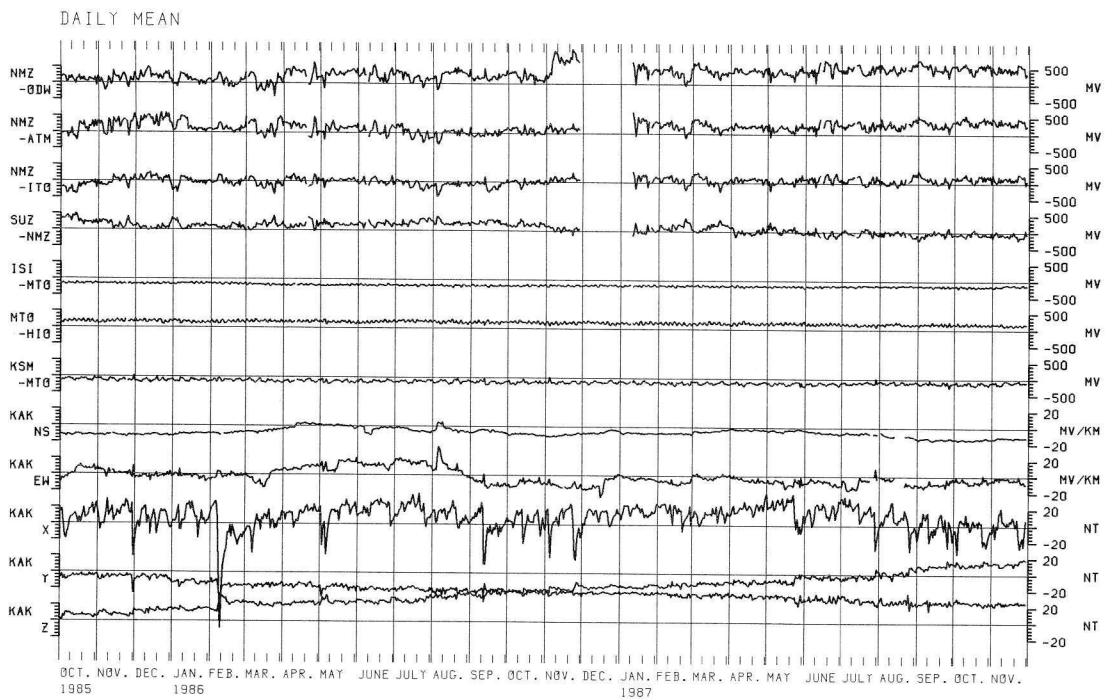


図2 地電位，地磁気の日平均値の変動の例

●NTT 通信施設を利用した地電位観測値

NMZ-ODW	: 沼津-小田原	32.0 km
NMZ-ATM	: 沼津-熱海	18.9 km
NMZ-ITO	: 沼津-伊東	25.9 km
SUZ-NMZ	: 修善寺-沼津	15.6 km
ISI-MTO	: 石岡-水戸	27.4 km
MTO-HIO	: 水戸-常陸太田	18.8 km
KSM-MTO	: 笠間-水戸	19.0 km

●従来の方法による地電位観測値

KAK NS	: 柿岡における南北成分	0.9 km
KAK EW	: 柿岡における東西成分	1.2 km

●柿岡における地磁気観測値

KAK X	: 南北成分
KAK Y	: 東西成分
KAK Z	: 鉛直成分

長基線にすると，距離に比例する誘導電位変化が人工的ノイズや接触電位変化などに対して相対的に大きくなるため，S/N比がよい．接触電位が安定していること，長基線であることの2点が満足されれば，何もNTTの施設でなければならぬ理由はないが，地電位観測の目的のためだけでこのようなアースとケーブルを設置するには経済的に問題がある．

この方法による地電位観測は1985年から本格的に（1987年からは柿岡地磁気観測所も加わった）水戸，沼津，富士宮付近で始められたが，富士宮では台風によりケーブルが流されたため2ヶ月くらいで中止，水戸では光ファイバーケーブルに置き換えられたために1989年に中止され，現在まで続けられているのは沼津だけである．図2

には，沼津と水戸で収録したデータおよび柿岡地磁気観測所構内で従来の方法で観測したデータの日平均値を示した．従来の方法による観測値と比較して，新しい方法による観測値がいかに安定しているかがわかる．沼津付近では直流電車の影響が避けられず，ノイズが大きく入っているが，水戸付近でのデータにはそのようなノイズもなく，いわば理想的な，良い地電位データである．後で述べるように，水戸で収録されたデータからは，これまでの観測方法によるデータでは無理であった潮汐成分の検出すら可能となり，この新しい方法は画期的で，地電流観測に革命をもたらしたといっても過言ではない．このような精度のよいデータが長期間採られてはじめて，地震の前兆のような異常変化が検出され得るのではないだろ



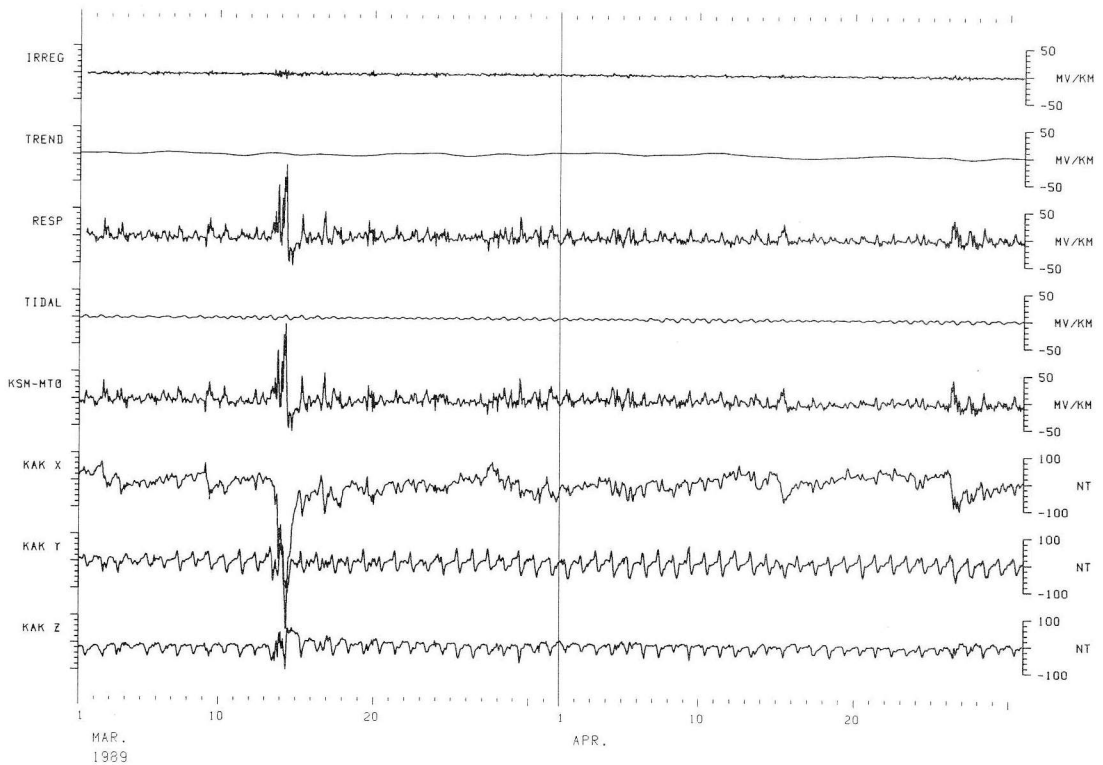


図3 笠間一水戸間の地電位のBAYTAP-Gによる分解 1989年3月～4月についての例

下の3本が参照観測値（柿岡における地磁気3成分：KAK X, KAK Y, KAK Z）。

その上が地電位観測値（KSM-MTO）。

上から4本が分解した雑音（IRREG）、トレンド（TREND）、誘導成分（RESP）、潮汐成分（TIDAL）。

うか。

#### 準リアルタイム的誘導電位の除去

上述のように、新しい方法による観測ではよいデータが採れ、これで、従来の観測方法による問題点のうち(1)と(2)は解決されたことになり、森らはこのデータを用いて3番目の問題である地磁気の誘導電位変化の分離に挑戦した（Mori, 1987；高山・森, 1987；森・高山, 1988；Ozima, et al., 1989；森, 1991；小嶋, 1992）。これまでに2つの手法が提案されている。

1つは確率差分方程式を利用するもので、もう1つは統計数理研究所と緯度観測所が開発したソフト（BAYTAP-G）を利用するものである。両者とも地磁気誘導成分を参照観測値である地磁気のデータの各成分の一次結合で表されると仮定する点では似ているが、前者では、

$$\text{地電位観測値} = \text{誘導成分} + \text{残差}$$

と分離するのに対して、後者では、

$$\text{地電位観測値} = \text{誘導成分} + \text{潮汐成分} \\ + \text{トレンド} + \text{雑音}$$

の4成分に分離する。前者では、異常変化は残差の中に見つかるであろうし、後者では、ゆっくりした異常変化はトレンドの中に、速い変化は雑音の中に見つかるはずである。通常地電位変化の大部分を占める誘導成分を分離していないときにはその変動の中に埋まってしまってわからなかった（速い）異常変化でも、誘導成分を分離してしまえば、残差または雑音の振幅以上の大きさのものは容易に検出される。すなわち、残差または雑音の振幅が異常変化の検出限界ということになる。BAYTAP-Gを用いる方法の方が4成分に分解するので異常変化の検出限界は当然小さい。

図3に笠間一水戸間のデータの1時間平均値についてBAYTAP-Gを用いて分解した結果の例

を示した。参照観測値として、柿岡における地磁気3成分（南北成分：X，東西成分：Y，垂直成分：Z）の1時間平均値を利用している。図に示した期間のうち、3月13日～14日には巨大な磁気嵐が来ており地電流も大きく乱れた。これは極端な例であるが、このような大磁気嵐を含む期間についてさえも、分解された雑音の振幅は通常およそ2 mV/km程度であり、観測値の振幅の約10分の1となる。すなわち、BAYTAP-Gを用いることにより、異常変化検出の精度が約10倍になったといえる。地電位および地磁気観測値データがリアルタイム的に伝送されれば、1時間ごとにBAYTAP-Gを駆動することにより、リアルタイム的にこの程度の分解が可能で、伝送された地電位観測値が異常かどうかの判定ができることになる。実際には、地磁気値は数時間先までのものを計算に使用するので、準リアルタイムのことになる。

実際の5年間の笠間—水戸間のデータについて、この方法で解析しても、この期間中にこの付近（茨城県沖、福島県沖など）に起こった地震に対応すると思われるような地電位異常変化はおろか、ただの原因不明の異常変化すら1つも見つからなかったことは記述に値する。このことは、この期間内にたまたまもっと近くで大きな地震が起こらなかったせいであり、よい観測をすればするほど、地電位の異常変化が起こることは少なくなることを実証したようなものである。この結果は、一般に地電流による地震予知が難しいことを示唆しているのではないと考えたい。ここでは、笠間—水戸間の観測例を示したが、あくまで、よいデータと解析手法の見本のようなものが示されたにすぎない。これらの観測方法と解析手法を“絵に描いた餅”にせず、地震に関連した本当の地電流異常変化を検出するのに役立てたいものである。

### VAN 法への疑問

●VAN 法とは     ギリシャにおいて、Varotsos, Alexopoulos, Nomicos の3人が始めた地震予知法で、彼らの名前の頭文字をとって“VAN

法”と呼ばれる。それは、地電位を連続観測することにより、時々現れる“seismo-electric signal”（略してSES）を検出し、それによって、いつ、どこで、マグニチュード（M）いくつの地震が起きることを予知するもので、ギリシャにおいて、彼らによる発表では、成功率は区切る期間にもよるが、ほぼ100%近く～90%くらいであるという。1984年に雑誌『Tectonophysics』に彼らの論文が載ったのが騒ぎの始まりであるが、以来、この方法を疑問視する考えが出されてきた（力武，1985；小嶋，1990，1991）。

この方法の詳しい解説と成果については、Varotsos らの原論文よりは上田（1985，1990，1991）のほうがわかりやすいので、そちらを参照して頂くことにして、VAN 法での地震予知のやり方をまとめると、

- (1) ある地域で起こる地震による“SES”が現れる観測点（いわゆる“ツボ”）は決まっている（“selectivity”）ので、あらかじめ経験的に地震の起こる地点とその“ツボ”の地点（観測点）との組み合わせを調べておく。つまり、ある観測点で“SES”が出ると、それがどんな“SES”であるかとは関係なく、ある決まった場所で地震が起きる。すなわち、震央距離（下式の $r$ ）と方向はある1つの観測点にとって定数である。
- (2) 1つの観測点について、経験的に下式の関係が成り立つ（VAN の関係）。

$$\Delta V = \exp(\beta M + \alpha) / r$$

ここで、 $\Delta V$  は観測される“SES”の大きさ、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $r$  は定数で、 $\Delta V$  を観測するだけで $M$  が求まる。

- (3) いつ、については、経験的に“SES”発生後10～20日程度であることがわかっている。

かくして、 $\Delta V$  を観測すれば、20日以内に起こるべき地震の場所と規模（ $M$ ）がわかることになり、完全な地震予知ができるというものである。

●何かおかしいぞ     彼らの一連の論文の問題点を挙げると、

- (1) 彼らの“SES”はノイズである疑いが強い。  
彼らは“SES”についての全体的情報を公表し

ていない。予知内容と実際に起こった地震についての情報ばかり詳しくリストされているが、肝心の“SES”がどこの観測点のどの測線で、いつ（年月日時分）、何 mV、どんな形態であったか等々、読者にとって最も知りたい点は記述されたことがない。彼らは独自の判定基準（ $\Delta V/L$  テスト）で“SES”とノイズとを分けているそうであるが、ノイズによっては、遠いところにソースがあるものはこのテストに合格することは十分にあり得ることを彼らは知らないようである。このことから、“SES”が実はノイズではないかという疑問が生じても無理はない。かつて筆者は“SES”がノイズではないかチェックする有効なある方法を提案したことがあったが、「それは解決済みの問題であるからその必要はない」とのことから、“SES”に関する情報の提供は拒まれ一蹴されたことがある。

(2) VAN の関係式および selectivity などに物理的、地球科学的根拠がなく、われわれにこれらの法則が正しいと信じさせる説得力に欠ける。selectivity という概念そのものはもちろんのこと、その selectivity 故に  $r$  は 1 つの観測点に固定された定数であり、 $\Delta V$  が震央距離  $r$  と無関係で  $M$  のみの関数であることは物理的に理解しがたい。VAN 法とはこれらの“経験則”のみの上に構築されたものであるが、この方法の根幹たる“法則”が疑われているのだ。

(3) 歌田 (Utada, 1991) の試算によれば、彼らが提唱する震源での発電のメカニズムでは数百 km も離れた観測点での SES の大きさおよび SES の継続時間を説明することができない。勿論、この場合も、地下構造の異方性を仮定するという逃げ道があるが。

(4) 仮に、彼らが提唱するメカニズムが正しくて、地下の異方性の仮定も正しかったとしても、彼らが検出している“SES”と呼ばれる異常変化がこれによるものである保証はない。彼らが提唱するメカニズムから当然の帰結として彼らの法則が導かれるというのであれば話は別であるが。

(5) “当たった”，または，予知が“成功した”とする彼らの判定基準に客観性を見だし難い。  
●よく当たるといのは本当？ この方法自体にもまして驚くべきことは、こうやって行なう予知が“よく当たる”のだそうである。どのくらいよく当たっているかについて、統計的手法で議論されたことがある（浜田，1989）が、上田により Varotsos らの 1988.5.15～1989.10.1 までの 500 日についての実績がまとめられているので（上田，1990，1991），筆者もまた、この同じ資料を基にして、上田とは別な結論が導かれることを示してみよう。上田の評論によれば、予知した地震と実際に起こった地震（なぜか、この表を見るかぎり、 $M > 4.3$ に限っている）の震央との距離が 100 km 以内、 $M$  の差は 0.5 以内“SES”が出てから地震が起こるまでの時間は 10 日程度以内であればその予知は成功したものと判定している。上田は、この期間に出された予知電報 21 回のうち、13 回が上記の 3 条件を満たしているので、

$$\text{成功率} = 13/21 = 62\%$$

としている。しかし、この 13 回の電報のうち、1 回は  $M$  につて述べておらず、電報の回数でいうと、12 回が成功したとみるべきである。地震の数でいうと、この期間にミスした地震が 1 個あるようで、この資料には 27 個の地震が記載されているので全部で地震はこの期間に 28 個あり、成功したのは 12 個であるから、同じ基準に基づいたとしても、筆者によれば、

$$\text{成功率} = 12/28 = 43\%$$

とすべきである。

しかし、予知として、震央位置を 2ヶ所記載している場合が多く、上田の評論では、どちらか実際の地震の震央地点に近い方を採用して成功率を計算しているが、これは問題であると考える。なぜなら、予知としてあげた 2つの地点間の距離はほとんどの場合 200 km 近くあり、このようなことでは場所を特定したことにはならないのみか、地点差 100 km 以内を予知成功の基準とすることが無意味となるからである。したがって、たとえ予知された 2ヶ所のうち、どちらかが実際の地震

の震央から 100 km 以内にあったとしても、真の予知とはいえず、上記の 3 基準の 1 つを欠いたことになり成功例から除外すべきである。結局、成功例は 5 個のみとなり、

$$\text{成功率} = 5/28 = 18\%$$

となるではないか、このように、成功の基準をどうとるかによって、この成功率はいかようにでも変わるものである。

成功の基準の 1 つとされている 100 km という距離の遠さについて筆者はこだわってしまう。一口に 100 km というけれど、例えば、水戸付近に地震が起こるであろうと言われていて、実際の地震が東京で起こったとしよう。それでもわれわれはその予知が“当たった”と思えるだろうか？

●筆者による VAN 法の謎解明の試み 実際の地震の震央の大部分はアテネのほぼ西方 120~130 km あたりを中心にした半径 100 km くらいの円内に分布しており、予知による震央位置もまたこの付近に集中している。したがって、このことから、2 震央間距離 100 km 以内は成功とすることが無意味であることになる。さらに、予知震央の場所が 1~2 ヶ所に重なっていることは、彼らの予知がワンパターンに近いことを物語っている。このことは、逆に selectivity 則から“SES”をよく感じている観測点は 1~2 ヶ所であるということに他ならない。地震が多発する地域が存在する事実と、他方、地電位異常変化が多発する観測点が存在する事実の 2 つを結びつければ、地震と異常変化とは時間的に大概対応してしまうであろう。かくして、“selectivity”ができあがる。こう考えると、“再現性”も、“reciprocal”でないことも容易に説明つくではないか。

また、この例では、実際に起こった地震の M は 4.9~5.0 が圧倒的に多く、 $M = 5.0 \pm 0.5$  の間にほとんどが収まることから、基準の 1 つとして  $\Delta M \leq 0.5$  とするのは無意味であると筆者は考える。M~5.0 と予知しておけば、こと M に関してはほとんどすべて基準内に入るといえるではないか？ 実際、予知内容の M 値はほとんど 5 付近である。このことは、VAN の関係式において、予知 M が  $\log(\Delta V)$  に比例するので、 $\Delta V$  が

桁違いに変化しても予知 M はあまり変化しないことに無関係ではない。

以上を総合して、かなり大胆に単純化した筆者の推理を述べてみよう。すなわち、ある特定の 1~2 ヶ所の観測点では異常変化“SES”（筆者はこれはノイズであると考える）がたびたび現れる。一方、ギリシャにおいて、M~5 程度の地震についてみると、ある地域に多く集中して発生している。ここの例ではギリシャ全体では、500 日間に 28 回の地震が起きているので、平均して 1 回の地震と次の地震との間隔は 18 日~20 日程度であろうと推定される。したがって、“SES”が現れるたびに、例えば、おおざっぱに、アテネの西方 200~300 km くらいの地域に M~5 程度の地震が（20 日くらいの間に）起こるであろう、と“予知”したとすると、予知の成功率がかなり高くなっても不思議ではない。

これは、われわれが考えているような真の意味の地震予知、すなわち、真に地震と因果関係のある地電位異常変化を検出して地震を予知することとはほど遠い。しかし、地震の多発地域がそこに存在するという特殊性は変わるものではなく、また、地電位異常変化が多発する観測点の存在もこれからもあり続けるであろうから、誰かが彼らの“SES”がノイズであることを立証しないで、彼らが同じ方法でギリシャにおいて“予知”を続けるかぎり、彼らの経験則はギリシャでは“真実”であり続け、常に“成功率”は高く保たれるであろう。そしてギリシャ以外の国では、この方法の検証ができるはずがないであろう。われわれは幻の予知法を追うのではなく、そく VAN 法に決別して、地電流の原点に立ち戻ることが、真の地電流による地震予知への早道ではないだろうか。

#### 日本における VAN 法検証の試み

失敗とその原因

●上田らによる検証の試み 上田らは VAN 法の日本における検証を目的として、全国で地電位差の多地点同時連続観測を 1986 年に実質的に着手し、1987 年度から計 6 年間にわたり科学研究費

補助金を受けて研究を行なった。彼らは観測点として NTT 交換局の通信用アース電極を利用して、まず全国に網を張り、それらの中から「ツボ」を見つけるという方針をとった。この研究のただ2つの成果として、伊豆大島の岡田、弟子屈の虹別の2測点が「ツボ」であるらしく、“SES”が多く検出され、それぞれ、群発地震、地震との対応がつくとしている(上田・他, 1990; Uyeshima, et al., 1989; 上田, 1990, 1991)。しかし、彼らが“SES”であるとした異常変化は実はノイズであったことなどが筆者により指摘され(小嶋, 1990, 1991)、この研究は完全な失敗に終わった。

彼らは VAN 法の検証ができなかっただけでなく、やっかいなことに、間違った結論を出し、さらに、みずからの間違いを認めるに吝かであったという意味で彼らの研究は二重に失敗であり、日本における地電流による地震予知研究の流れを少なからずねじ曲げた罪は大きい。

●彼らの“SES”はノイズだった 彼らが伊豆大島岡田、弟子屈虹別で検出した“SES”の発生時刻のヒストグラムをとってみると、両者とも極端に昼間に多く発生していることがわかる。この事実はこれらの“SES”が地震と関連したものではなく、人工的ノイズであることの証拠である。

弟子屈の場合は、釧路沖で起きた  $M > 3.0$ , 67.5 km 以浅の地震を取り上げると、“SES”と時間的にはかなりよく対応するし、 $\Delta V$  と  $M$  との関係(VAN の関係)もある程度満たしているように見える。言い換えれば、この結果は、ノイズであっても、取り上げる地震の範囲を広げれば、この程度の対応はつくものであることを実証したにすぎない。

伊豆大島の場合はさらにおそまつで、個々の“SES”と個々の地震との対応づけすらできていない。種々の異常変化が出るなかで、ある1つの特定の形態のものにのみ着目し、その1日の発生回数が伊豆半島東方沖群発地震の発生の前に普段よりも多くなる日があるということから、伊豆大島で観測されるこのタイプの異常変化は伊豆半島東方沖の地震活動の前兆現象である(可能性がある)としている。彼らが、種々の異常変化が多

発しているなかで、なぜ、その特定の形態の異常変化だけを取り上げたかの根拠は、唯一それが地震活動とよく対応しているからで、3回の“実例”をあげている。しかし、彼ら自身の再検討により2例は疑わしく、ただ1例のみが残ることになった。また、それらの異常変化は降水量とよく対応していることが指摘され(小嶋, 1990, 1991)、その根拠は薄れることになった。

彼らの過ちの原因は彼らが異常変化を検出したときに、それらが人工擾乱であるか、地磁気誘導であるかなどの基本的チェックを怠り、そく、異常変化=“SES”としてしまう予断があったこと、この一言に尽きるといえる。

## まとめ

地電流によって地震予知をすることはわれわれの長年の夢であり、これまで、地震と関連した地電流異常変化を捉えようと多くの努力がなされてきた。しかし、確かな地震と関連した地電流の異常変化(前兆現象も含む)が見つかった例は皆無に等しい。筆者は VAN 法は否定するが、地電流による地震予知そのものの可能性を否定するものではない。日本では、どこへ行っても人口が密集していたり、直流電車が走っていたりするため、人工的ノイズが大きくて、精密な地電位観測ができず、SES が観測されないのではないかとよく言われるが、1~数 mV/km くらいの大きさの異常変化なら検出が可能な場所はいくらかでもあるはずである。観測点の近くに直流電車が走っていないければ、また、人里離れたところであれば安心というわけでもなく、時として、人工的ノイズのソースはどこにでもあり得るし、また皮肉にも、大地震が起こりそうだと予測される場所や、またはその近くには人工的ノイズが大きく、反対に、精密な観測ができる場所では地震が起こりそうにもない、ということが多けれども、VAN 法そのものの当否を棚上げにして、日本で検証ができないのはノイズが多いためであるという考えは間違っているのではないか。なぜなら、正しい方法ならば、客観性があるはずで、どこの国でも、

誰にでも検証し予知に成功することができるはずであるからである。

地電流による本当の地震予知を成功させるために「ツボ」探しから始めるのは間違いのもとで、道草を食うことになる。(この「ツボ」の概念がこれまでわれわれの目を曇らせてきた元凶であるといって過言ではない。)まず、本当のSESを捉えることが必要である。そのためにはどんな注意が必要かをまとめてみた。まず、電極に関する問題(接触電位の安定性、降雨の影響など)はクリアしておくことが大前提である。

- ①明らかにそれとわかる人工的のノイズが少なく、長期的に安定した、感度のよい良質のデータを採ることから始めよう。
- ②地磁気誘導成分を分離した後で、異常変化を見つけよう。
- ③それらの異常変化が人工的、または自然現象などに起因するノイズなのではないか、つぶさにチェックしよう。ノイズを見分ける眼を持とう。
- ④その上で、原因不明の異常変化を取り出そう。
- ⑤異常変化＝“SES”と短絡するのは禁物。
- ⑥安易に「ツボ」の概念に飛びつくのは危険。異常変化＝“SES”と考えてしまうときの(特に、震央距離がかなり大きい場合に)方便としてよく使われるのが「ツボ」であるから。
- ⑦本当のSESならば震央に近い所ほど強いシグナルが出る(または、大きい地震ほど強いシグナルが出る)はずだから、なるべく震央の近くに網を張ろう。そのためには、予知の予知(pre-prediction?)が必要ではないか、と自己矛盾に陥ることはない。地震が起こりそうだとされている地域でよい。そこに観測網を展開しよう。

本論の校正中に、Mulargia and Gasperini (1992)による論文を見る機会を得た。著者らは、VAN法による1987年1月から1989年11月30日までの地震予知例について統計的検証を加えた結果として、“これまでVAN法による一見成功と思われた地震予知例はすべて偶然に帰せられる、と確信をもって言うことができる”と述べている。

## 参考文献

- 浜田和郎, 1989, 地震学会1989年度秋期大会予稿集, 214.
- 本蔵義守, 1978, 地震研究所彙報, 53, 931-937.
- 岸本兆方, 1980, 地震予知研究シンポジウム(1980), 133-142.
- 宮腰潤一郎, 1985, 京大防災研究所年報, 28, B-1, 127-132.
- 森 俊雄, 1985, 気象研究所研究報告, 36, 2, 149-155.
- 森 俊雄, 1991, 地震, 2, 44, 29-37.
- 森 俊雄・高山寛美, 1988, 月刊地球, 10, 339-345.
- Mori, M., 1987, Geophysical Magazine, 42, 2, 41-104.
- Mori, T., M. Ozima and H. Takayama, 1992, P. E. P. I., (印刷中).
- Mulargia, F. and P. Gasperini, 1992, Geophys. J. Int., 111, 32-44.
- 永田 武, 1944, 地震研究所彙報, 22, 72-82.
- 小嶋美都子, 1990, 気象研究所研究報告, 41, 2, 63-82.
- 小嶋美都子, 1991, 地震, 2, 44, 177-184.
- 小嶋美都子, 1992, 月刊地球, 14, 528-534.
- Ozima, M., T. Mori and H. Takayama, 1989, J. G. G., 41, 945-962.
- 力武常次, 1985, 科学, 55, 729.
- Rikitake, T., Y. Yamazaki, Y. Hagiwara, K. Kawada, M. Sawada, Y. Sasai, T. Watanabe, K. Momose, T. Yoshino, K. Otani, K. Ozawa and Y. Sanzai, 1966, Bull. Earthq. Res. Inst., 44, 363-408.
- 高山寛美・森 俊雄, 1987, 気象研究所研究報告, 38, 1, 17-28.
- Utada, H., 1991, Tectonophysics (in press).
- 上田誠也, 1985, 科学, 55, 180-184.
- 上田誠也, 1990, 固体物理, 25, 288-297.
- 上田誠也, 1991, 地震, 2, 44, 特集号391-405.
- 上田誠也・川瀬隆治・上嶋誠・木下正高, 1990, 地震予知連絡会会報, 43, 312-319.
- Uyeshima, M., M. Kinoshita, H. Iino and S. Uyeda, 1989, Bull. Earthq. Res. Inst., 64, 487-515.
- 吉松隆三郎, 1943, 地磁気観測所要報, 5, 66-67.
- [おじま みつこ 気象庁地磁気観測所主任研究官]



# ある地震誤報の教訓

徐 元耀 訳 石川有三

訳者・まえがき

この文章は、中国の『国際地震動態』誌 1991 年 3 月号 (8-10 頁) に掲載された報告を翻訳したものです。この報告は、昨年(1990)の 1 月に塩城 (Yancheng) 市で発生した地震情報の誤報に関連して発生した出来事をまとめています。塩城市は、江蘇省の中央部に位置し、南京から北東約 200 km、上海から北北西約 250 km で黄海沿岸に近い所に位置する人口約 120 万人の中規模の地方中枢都市です。同市は市以外に周りの 8 つの郡を管轄しており、管轄下にある地域は下図の点線で示した範囲です。そして、その面積は約 1.5 万平方 km と、ほぼ岩手県に等しく、人口は 700 余万人と神奈川県に人口に近いものです。

文章中に人民元の金額が出てきますが、1 元が日本円でおおよそ 24 円、一般サラリーマンの月収は約 100 元というところです。また、李四光という人は、革命後の資源探査、特に油田探査に大きく貢献した中国では大変有名な構造地質学者です。この人を主人公にした映画も作られています。

今回の誤報のほかに、地震デマで社会混乱が起きた

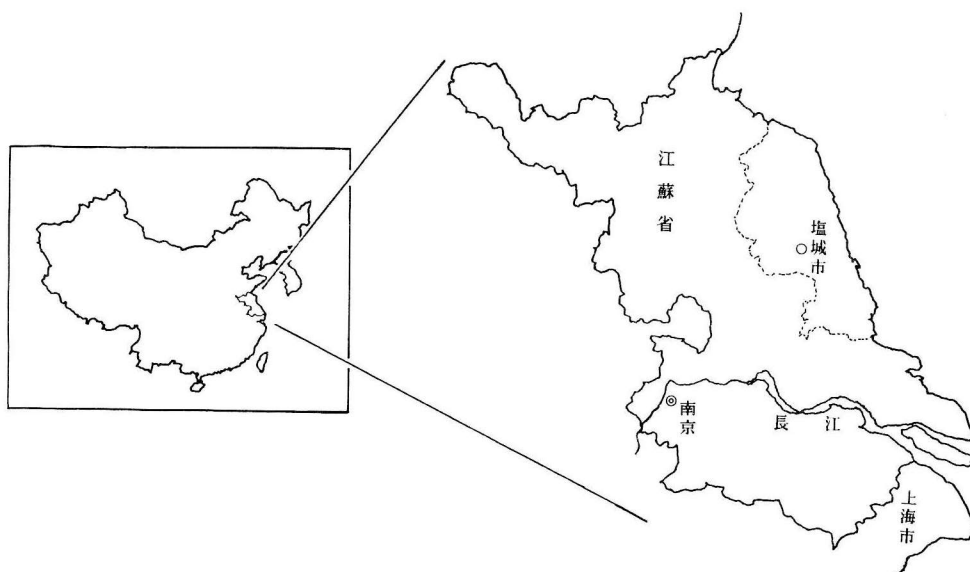
という例が、1980 年代に何度もあったことは前々号の本誌で述べたとおりです。 [1992/08/03]

## 要 約

1991 年 1 月、塩城市当局は地震部門のある地震予報分析意見を地震予知情報と誤解し、その内容をそのまま一般の人々に伝えた。このため一連の地震誤報事件が発生してしまった。この事件では死者 2 人、負傷者 1 人を出したほか、社会的にも経済的損失を生じた。本文では、この事件の発生過程と社会への影響および経済損失の発生したようすを具体的に紹介する。

## 部内地震予知情報の漏洩

1991 年 1 月上旬、江蘇省地震局は 1991 年および短期地震活動予測検討会を開催した。会議では国家地震局分析予報センターのある分析意見を伝



え、あわせて江蘇省政府へ報告書を作成した。省政府はただちに部内分析意見を各市担当部門の主な責任者へ伝達した。塩城市の担当部門は、この情報を受け取ったあと、事態を重視し市長を本部長に、市担当責任者を副秘書にし、速やかに地震防災対策本部を設置した。また、公安、消防、病院、電力など災害関連部門に防災本部を設立し、積極的に食料を備え、避難小屋を作り、あわせて部内分析意見を一般の人々に伝えた。また、市の広報部門は塩阜大衆新聞社に指示を出し、新聞で地震防災の知識普及のための記事を掲載するよう求めた。その記事では、地震の前兆、地下水、地下の音、光と地震、そして地震時の対処法と地震後の対応策などを説明した。同時に塩城テレビ局や塩城郊外の有線放送局などの放送機関にも働きかけた。このため逆に地震を恐れる人々の心理状態は日増しに高まり、地震が重要な話題となり、人々に地震がまもなく発生するだろうという気持ちにさせてしまった。

### 塩城市の地震防災対策

大地震がまもなく発生するだろうと一般の人々が思うようになったので、各商店や企業も地震防災対策をするようになった。可能なところでは避

難小屋を作り、小屋を作れない所は建物に耐震細工を施し、二階建以上の建物に住んでいる人は平屋へ移り、ある人は老人や子供を安全な所へ移し、またある人は夜、荷物を持って郊外へ行き夜を屋外で過ごした。

塩城市は郊外に14の地区があり、各地区には平均300戸の住宅がある。もし住民の70%が避難小屋を作ったとすると2940戸の小屋が作られたことになり、加えて市街地区の大慶地区、通榆北地区、万戸新地区などでも少し小屋が作られ、これらの合計が300戸以上あり、総計では3240戸に達した。これらの小屋の建設費はいろいろで、高級なもので1000~2000元、安いものはわずか10~20元、平均すると一戸当たり30元と推計され、これらをすべてあわせると9万7200元の費用がかかったことになる。ここに述べたのは、塩城市に属する8つの郡(訳注:中国の県)の避難小屋を含んでいない。屋外に小屋を建てる以外に屋内で耐震対策を施した家も相当数にのぼり、それは主に床とはりを強化した。また、ある人は大きな平屋から小さな炊事場へ移り住んだ(なぜなら、小さな炊事場のほうが屋根が軽いからである)。地震防災のキャンペーンがされている間、防災用品購買の嵐が塩城市に吹き荒れた。懐中電灯、乾電池、ビスケットなどは猛烈に売れた。旧正月も近くにせまり本来ならビスケットの生産をやめている塩城市糖果菓子製造工場も1月11日から13日にかけて2250kgも突貫生産を行なった。個々の商店は火事場泥棒的に、商品に防災応急製品印をつけて売りさばいた。ある会社では社員のために懐中電灯やビスケットなどの応急用品を買い揃え、社員のために家財保険に入った。例えば、塩城市の商工銀行などでは、各行員のために銀行が1万元の家財保険に入った。塩城市には三つの保険会社があるが、いつもはガラガラであるのに、この地震防災の数日間は大変混み合い、保険会社は可能な社員すべてを窓口投入した。この地震防災期間に塩城保険会社の家財保険による収入は約40万元で、これは平常時の13倍以上であった。人々は急いで地震前に保険に入ることを希望したが、本当の地震予報が発表された後は保険会社の

### ご 案 内

#### 地震ジャーナル 10号 特集: 迫りくる東京圏直下地震

エッセイ 10周年記念号の発刊に際して  
カラー口絵 版画と文 地震と瓢箪と鯉  
江戸-東京の直下地震  
首都直下のプレート構造  
どうやって予知する?  
直下地震の危険度は?  
川崎市と直下型地震  
直下型地震に備える  
液状化対策は?  
ライフラインの安全性  
そのとき社会は?  
金融・経済へのインパクト  
損害保険はどうなる?  
災害は進化する  
●ご講読料◇1500円 [郵送料を含む]  
●お申込先◇(財)地震予知総合研究振興会  
[本誌綴込みの振替用紙をご利用下さい]

萩原尊禮  
井野盛夫  
萩原尊禮  
石田瑞穂  
萩原幸男  
力武常次  
杉山孝志  
荒 孝一  
浜田政則  
片山恒雄  
廣井 脩  
織田 薫  
長島秀隆  
柳川喜郎

財団法人 地震予知総合研究振興会

業務は停止され、保険に加入することができないことを知らなかった。

### 塩城市の地震防災の 社会的影響とその経済損失

地震防災期間には塩城市の道路の両側、広場、緑地周辺などでは避難小屋が見られ、交通安全、環境衛生、住民生活で多くの問題が発生し、また経済的にもかなりの損失を生じた。おおまかな統計によれば、塩城市の市街地区では避難小屋のために9万7200元を費やし、家財保険に36万元（平常時の4万元を除く）、防災物資の購入に一人平均0.50円で市街地区の人口20万人だけで10万元の消費があった。これら三項目あわせると合計で55万7200元になる。

誤った地震予知情報が大衆の間に非常に速く伝わったため、地震部門への電話も集中し、あるときは電話が発信も、受信もできなくなった。地震観測所は本来は人々から忘れられた存在であったが、このときばかりは大変注目され、地震に関する問い合わせもあるときは100回以上に達した。

また、地震防災期間中、笑い話のようなことが起きたり、意外な出来事があつたりした。例えば、1月13日の夜11時過ぎ、塩城教員学校の寄宿舎で誰かが茶碗のようなものをぶつけてころがした。この音を聞いたある学生が驚いて「地震だ！」と叫んだため、全員がすぐ寄宿舎から飛び出してしまった。そのとき6人が窓から外へ飛び降り、その中の一人は三階から飛び降りたため軽いケガをしてしまった。しかし、响水(Xiangshui)郡の黄圩(Huangwei)地区では避難小屋で火事があり、9歳の子供と7歳の子供が焼死し、父親は悲しみに暮れる事態となった。

地震防災期間中、少数の悪人がいろいろなところで混乱を引き起こした。ある者は、1月16日に市総務部の名をかたり江淮(Jiangwei)動力機器工場の工場長へ電話をし、夜、地震があるので工場対策をとるように言った。工場では地震に備える一方、念のため職員を市へ派遣し連絡をとり、これが嘘であったことを知った。さらに笑

話になるが、塩城市の市街地区で広まったある「李四光の地震発生時刻表」というものである。これは唐山地震の発生時刻を基準に一カ月中の毎日の地震発生時刻を割り出すというものである。1月17日は旧暦の12月2日で、まさに、この表で予想される地震発生の日にあたり、多く人々は夜地震があると思ひ寝ずに一夜を明かした。

### 地震予報誤伝達の原因とその教訓

塩城市当局は、地震部門の部内分析意見を一般の人々に伝えるにあたり、ある地震活動分析意見を誤って地震予知情報とした。これは、関係指導者が地震予知のやり方を十分には理解しておらないため、このため今回の誤伝達事件を引き起こしてしまった。また、一般の人々の認識は、塩城市が重点監視地区になっており、遅かれ早かれ地震の発生はまぬがれえない、というものであった。そして地震予報に対しても「いい話は信じにくい、悪い話は信じ易い」という反応であった。これが地震予報誤伝達を支えた社会基盤と考えられる。

塩城市での地震予報誤伝達の教訓から、我々は地震に関する部内分析意見の伝達範囲の管理を厳格にし、広く拡散しないようにし、各専門家の分析意見を省地震局が十分に解釈し、省政府を通じて地方へ伝達する必要があるという認識に達した。地震予報誤伝達の損失も小さくなく、地震部門は地震があるという予報だけでなく、地震が無いという予報もあわせて重要な任務となっている。地震が無いという予報は、地震予知の誤報に対処できるもので、社会経済的に利益をもたらし得る。地震防災期間中、筆者は質問をしにきた人々に何度も地震情報を説明し、特に、江蘇省塩城中学および塩城市郊外電力会社では良い反応があり、社会的経済的に効果が大きかった。我々は、地震知識の普及と宣伝に力を入れ、皆に地震予知の現状を理解させ、大衆の地震デマに対する抵抗能力を高める必要がある。

[Xu Yuanyao 江蘇省塩城地震観測所]

[訳 いしかわ ゆうぞう 気象研究所地震火山研究部]

# 早期地震検知警報システム「ユレダス」

## 誰が新幹線を止めるか？ 5秒前警報システムへの発展

### 中村 豊

#### はじめに

1992年3月14日午前6時、東海道新幹線を270km/hで疾走する「のぞみ」が営業運転を開始した。その1時間前、「のぞみ」の高速走行を支援するかのように、新型地震警報システム「ユレダス」が被害地震の発生を監視し始めていた。

JRグループは、旧国鉄時代から、地震時の鉄道の安全性を確保するために様々な対策を施してきた。線路施設を堅固なものすることは当然である。大きく揺れ動く大地の上を疾走して脱線転覆したり壊れたところに突入したりすることがないようにすることも重要な対策である。この対策はJRの地震対策を特徴づけている。ここでは、このソフト的な対策の先進的な成果である「ユレダス」について概説する。

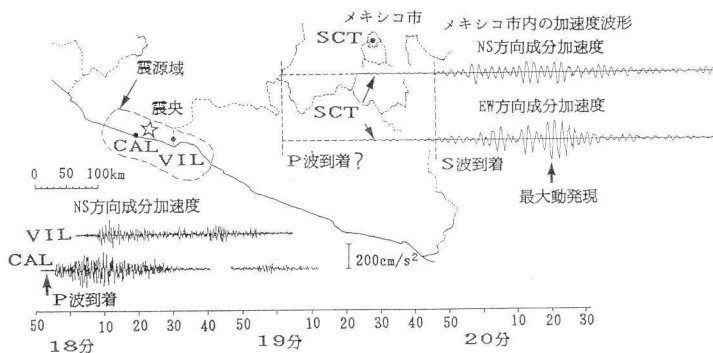
#### 地震発生

(1) メキシコ市を襲った1985年9月19日のミチョアカン地震は、朝のテレビニュースを放送しているときに始まった。ニュースキャスターは視聴者を落ち着かせるため、揺れがおさまるまで待ちましょうとにこやかに話しかけ、そのときの時刻を告げた。しかし、揺れはおさまらず、ついには画像が途切れてしまった。このとき、市内の至るところでビルの崩壊が始まり、死者行方不明合わせて1万人を超えとも言われる大災害に発展していった。震源はここから350kmほど離れた太平洋沿岸である。もし、

初めの地震動を感じたときにその地震についての確な情報が伝えられていれば、破壊が始まるまでに50秒くらいの時間的な余裕があったろう。

また、震源域での情報が伝えられていれば、その時間的な余裕は2分近くに達していたと考えられる(図1参照)。

(2) 1989年10月17日の夕方、サンフランシスコ湾口にある高速道路880号線のサイプレス高架橋付近では、米大リーグのワールドシリーズ第3戦を観戦するために球場に駆けつける車の列が一段落していた。その時、強い地震動がこの2層式高架橋を襲った。ロマブリエタ地震である。強い震動はせいぜい7~8秒しか続かなかったが、約1.6kmにわたって2層部分がつぎつぎに崩壊し、間に挟まれて41名もの人々が犠牲になった。このほかにも、崩壊した建物の下敷になったりして20名以上が犠牲になっている。この震源はここから約90km南にあり、地震が発生した段階での確な警報が出されていれば、破壊が始まるまでには少なくとも20秒程度の時間的な余裕があっただろう。



1985年9月19日7時(現地時間)

図1 ミチョアカン地震の地震波動伝達状況

## 回 顧

昭和39年6月16日に発生した新潟地震は地盤の液状化災害で有名であるが、鉄道にもかなりの被害があった。世界初の時速200kmを超える高速鉄道『新幹線』開業準備に明け暮れていた旧国鉄の技術陣にも大きな衝撃を与えた。彼らは、新しい新幹線を地震から守るための新しい施策として、大地震を検知し、走っている列車を自動的に止めてしまう装置の設置を検討し始めた。大地震の揺れに反応してランプが点灯しブザーが鳴動するだけの警報地震計は開業準備中の新幹線の沿線にすでにいくつか取り付けられていたが、これでは十分ではないと考えたのである。こうした状況の中で、開業してから半年ほど経過した昭和40年4月20日に大井川河口付近でマグニチュード6.1の地震が発生し、新幹線を襲った。できてから日の浅い盛土など施設の一部はこの地震の洗礼により、軽微ではあるが被害を受けてしまった。そこで、試作・検討していた新しい警報地震計を取り急ぎ沿線25カ所の変電所に設備した。これは、ほぼ20km間隔の変電所に置かれた装置が、気象庁震度階で4に相当する水平加速度以上の地震動を感じると、直ちに变電所の電気を止め、関係区間を走行中の新幹線を非常停止させるというもので、世界で初めての画期的な地震時の安全装置であった。この装置は仮使用を経て昭和41年12月1日から本使用された。この後、類似の装置は、ビルのエレベータなどに設置されているのをはじめ、一般に普及している。新幹線への警報地震計の設置は、構造物を強化するというハードな地震対策に対して、地震発生時の対応に関係したソフトな対策が普及するきっかけとなった。

### 警報地震計とその問題点

警報地震計の機能は、大きな地震動を検知して警報を出すことである。地震動としては加速度を計測している。警報は、震度階4以上の地震動に対して出される。具体的な基準加速度は、一般に



図2 警報地震計の全国分布

知られている気象庁震度階と加速度の関係をよりどころにして、20 Gal~40 Gal (cm/s<sup>2</sup>)に設定されている。新幹線の基準加速度は一律に40 Galである。計測振動数範囲は、鉄道施設に大きな影響を与える5 Hz以下の帯域に抑えて、鉄道振動や道路振動などの人工振動には反応しにくくしている。このほか継続時間なども考慮すれば、よりの確な警報になると期待されるが、警報発令が遅くなってしまうので採用していない。

こうした警報地震計は、在来線に354台、新幹線に93台(いずれも平成3年末現在)、合わせて約450台が稼働中である。概ね、在来線は40km~50kmに1台、新幹線は約20kmに1台の割合になっている。図2は警報地震計の分布状況を示したものである。

現在、新幹線規格の鉄道は、東海道・山陽新幹線および東北・上越新幹線の4路線が営業中であるが、幸いにして、大井川河口付近の地震以後3件の地震被害、それも列車走行に支障のないごく軽微の被害を受けたに留まっている。また、周辺地域で大地震が発生していないことも幸いして、地震動が原因で走行中に安全性を脅かされたことはない。しかし、長年にわたって警報地震計を運用した結果、①結果的に不要な警報が多い(過剰反応:図3参照)、②警報から最大動までの余裕

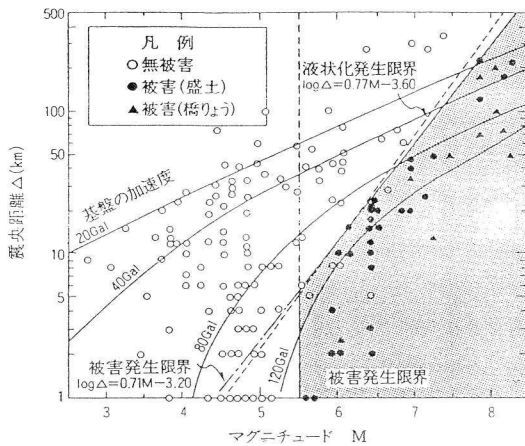


図3 被害地震と無被害地震

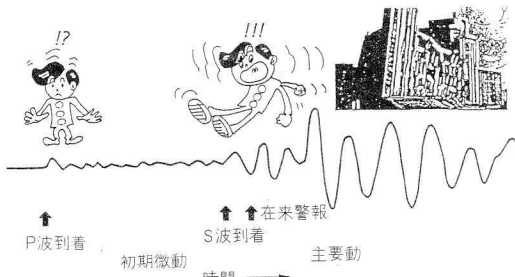


図4 モデル地震波形と在来警報発令のタイミング

時間が少ない(警報の遅れ: 図4), といった問題が明らかになってきた。いったん警報が出ると安全確認作業のために運転再開まで時間がかかることが多く, 新幹線の交通機関としての信頼性を損なっている。また, 高速になればなるほどより長い余裕時間が必要になる。したがって, ①②の問題は, 新幹線の高速化に際してはぜひとも解決しておかなければならない。

### 新幹線と高速化

新幹線は日本が世界に誇る鉄道技術の結晶で, 欧米では営業的に不可能とされていた200 km/hを超える高速鉄道の時代を切り拓いた。しかし, いま世界は350 km/hを目指した超高速鉄道の時代に突入しようとしている。しかも, 浮上式ではなく鉄レールの上を鉄車輪が走る通常の鉄道である。1990年5月18日フランスのTGVが高速試験で515 km/hという通常鉄道としては信

じられないほどの最高速度を記録してからは, 高速鉄道の開発競争は一層はげしさを増している。しかし, 日本では走行速度をやみくもに上げるわけにはいかない。突発的に発生し, 影響範囲が広い地震災害が待ち受けているからである。地球の表面にへばりつくようにして走る鉄道は地震災害の影響をまともに受ける。地震災害の影響は列車が高速であればあるほど大きいであろうことは容易に想像できる。こうした中であって, わが新幹線は開業以来, 今日まで28年間以上乗客の死亡事故0の記録を更新し続け, 今やあらゆる乗り物の中でもっとも安全なものとして知られている。この名誉を守り続け, 旅客の信頼を裏切らないように, さらに高速化に際しても万全の体制がとられようとしている。

### 「揺れ出す」前に大地震の発生を警告する

迫り来る大地震の予兆が捉えられれば, 地震発生までの時間的余裕の大きさに従っているような防災対策をとることができる。しかし, 残念ながら, 予知研究は防災の実務に役立つような情報を提供できるまでには至っていないのが現状で, 近い将来においても実用的な地震予知は不可能と思われる。しかし, 発生してしまった地震であっても, 大きな地震動が到達する前に十分な余裕をもって警報が出せれば, その警報はもっとも確実な直前予知警報になる。この場合, あらゆる地域に対する予知警報にはなっていないが, 一部の地域にとっては, 予知警報そのものである。あらゆる地域を対象にした実用的な地震予知ができない現在においては, この警報は最善の地震警報であるといえよう。

### 現行の地震警報と運転再開の考え方

現在では, 警報地震計が20 Gal~40 Galの加速度を検出すると直ちに警報が出される。警報を出した後の対応は, 地震終了後の最大加速度や気象庁震度階などできめられ, 具体的な再開手順は路線により異なっている。すなわち, 最大加速度



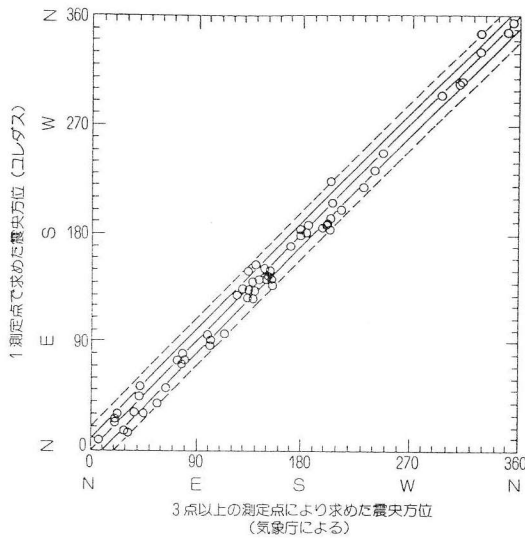


図5(a) 初期微動の震動方向から求めた方位は気象庁の求めた方位とよく合う

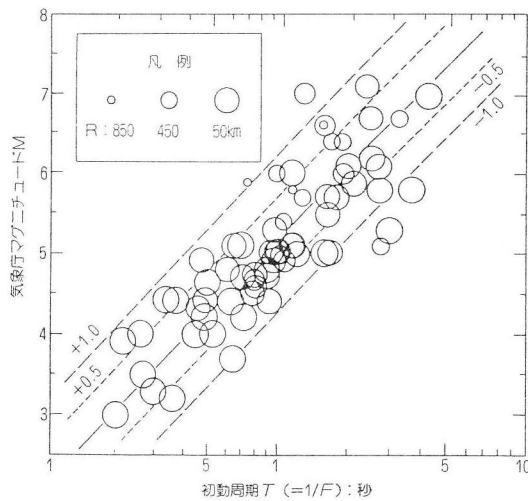
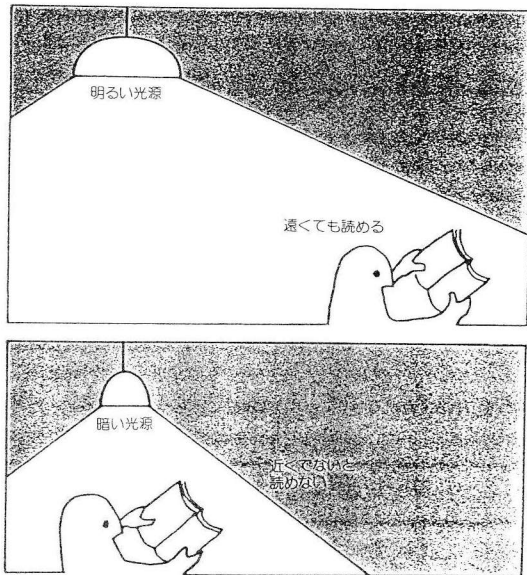


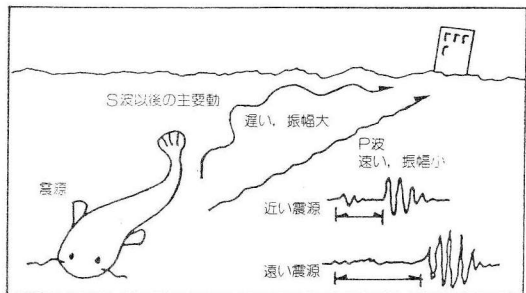
図5(b) 初期微動の周期が大きければ地震の規模は大きいと推定できる

の大きさだけできめるもの（在来線と東北・上越新幹線）、最大加速度と気象庁震度階の組合せできめるもの（組合せ法：山陽新幹線）、地震の諸元をもとにしてきめるもの（M- $\Delta$ 法：東海道新幹線）などである（図3参照）。

歴史的には、駅員の体感震度により列車の抑止・運転再開を判断する時代が最初にあった。次に、地震計を設置して独自に計測した震度に基づいた時代がある。しかし、この計測震度は単に最大加速度を読み替えただけで、正確な震度階を与



第1次推定：光源の明るさ（地震の規模）がわかっていると、読書の場所の明るさ（観測点の地震動の強さ）から光源までの距離（震源距離）を推定することができる。

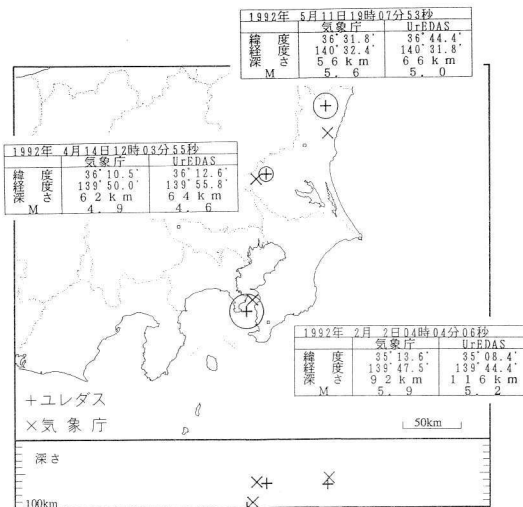


第2次推定：主要動が来れば初期微動継続時間からより正確な震源距離を推定できる。

図5(c) 震源距離の推定

えるものでなく、誤解や混乱を招いた。このため、計測された最大加速度に基づいて運転再開を判断するように変更したものが現状だが、最大加速度に基づく方法の不備を是正した M- $\Delta$ 法に移行しつつある。組合せ法は、地震後すぐに発表される各地の震度階を利用して、地震の位置を大まかに判断して運転再開しようとしたもので、M- $\Delta$ 法のひとつの形態である。

沿線の地震動加速度の大きさによって、運転再開手順を選択するというのは、一見合理的に見える。しかし、地震動加速度と被害の関係が明確でなく、規模の大きな地震による最大加速度と被害の関係を基にして運転再開を判断すると、それより小さな規模の地震に対しては過剰対応になる。



\* 1992年1月から5月までの震度4以上の地震  
 \* いずれも、地震検知後3秒で第一次推定結果が得られ、地震発生後30秒  
 までには最終統合結果が出ている。

図6 「ユレダス」の動作例

これは、同じ最大加速度でも、地震の規模が違えば、周期や継続時間が異なり、構造物に与える影響が違ふことによる。したがって、最大加速度のみならず、継続時間や振動周期を考慮すれば、被害を的確に評価できると考えられる。しかし、振動の最大加速度や継続時間、周期が与える影響は、構造物の種別・劣化度により異なる。したがって、これらを総合的に判断するには多くの時間と経験（調査、実験や解析、被害経験）が必要となり、まだまだ実用の段階にはない。

これに対して、おおまかな被害の判断には、最大加速度よりも地震の規模と震央距離に基づくやり方（M- $\Delta$ 法）の方が的確であることが、経験的に明らかになってきた。Mや $\Delta$ が地震検知後すぐにわかれば、警報もM- $\Delta$ 法を使ってよりの確に発令できる。

### 新しい警報システム「ユレダス」の出現

対震列車防護装置の過剰反応や警報の遅れに対処し、最善の地震警報を実現するために、全く新しい地震警報システム「ユレダス」（早期地震検知警報システム, Urgent Earthquake Detection and Alarm System）を実用化した。ユレダスは、地震の発生を初動の部分で検知すると

もに、直ちに検知した地震の規模や発生位置などを推定し、これに基づいて必要地域に対して警報を出すことができる完全自動システムである。このため、過剰反応や警報の遅れといったこれまでの問題点が大幅に改善される。このシステムの特徴は単一観測点の3成分地震動しか使わないことにあり、そのためシステムの構成が簡単になり、迅速な警報を出すことができる。ユレダスの原理と動作例を図5、図6に示す。

ユレダスは、警報に到らないような小さな地震も含めて的確に地震の発生位置や規模をリアルタイムに推定し、M- $\Delta$ 法に基づいて加害性を判断する機能を持っている。危険な場合には危険地域に対して速やかに警報を出す。警報を出すまでの時間は初期微動の揺れ始めから4秒以内である。警報は広い範囲を対象にすることができるので、場所によっては、地震波動がそこに到達する前に警報を受けることになる。

ユレダス警報は、的確かつ迅速であり、制動時間（余裕時間）をより多く確保できるので、高速鉄道の地震時の安全確保には無くてはならない。警報の有無に関わらず地震の情報いち早く伝えるので、地震への対応を合理的に行なうことができる。列車運行への影響を最小限度に抑えることができる。また、小さな地震の発生状況をリアルタイムで把握できるから、将来的には地震活動の異常を検知して、地震予知的な対応も夢ではない。

ユレダスにはメインとサブの2種類がある。メインユレダスは警報対象である新幹線を取り囲むような形で被害地震の震源域にある堅固な岩盤に据えられる。サブユレダスは警報対象の近傍に置かれる。サブユレダスは、一般に設置されている警報地震計の機能も備えることができ、その後継機として運用することも可能である。

沿線など警報対象近傍で発生する地震は、近くにある警報地震計またはサブユレダスが最初に地震を検知する。したがって、沿線に設置された警報地震計やサブユレダスには、沿線に発生する地震を監視させ、それより遠方で発生したマグニチュード（M）6.5以上の中地震については、メインユレダスに監視させるのが合理的である。なお、

沿線に設置されたサブユレダスの警報は、現行の警報地震計より迅速・的確になる。

P波部分の推定精度はそれほど良くはないが、S波到着後には比較的正確な震源距離を推定することができる。前者を第一次推定といい、後者を第二次推定という。

主要動が到来すれば第二次推定を行なって正確な震源距離を推定することができ、震源諸元の推定精度を高めることができる。第一次推定は初動到来後3秒以内に行なわれ、さらに1秒以内に警報地域を特定して必要ならば警報を発信する。

主要動の到来と共にユレダスが破壊されても、基本的には警報は発令されており、当該地震の震源情報は必要な箇所に伝達されている。従来のシステムでは、中央装置が破壊されてしまうとシステム全体の機能も破壊されてしまう。しかし、ユレダスシステムには、破壊的な地震動に襲われても基本的な機能はダウンしないという特長がある。

#### ユレダスの設置状況

青函トンネルに設備されている地震防災システムには4基の「ユレダス」が含まれている。これらのユレダスは第1世代である。第2世代ユレダスは運輸省の助成を受けて実用化されたもので、首都圏に研究用6基（メイン5、サブ1）、東海道新幹線のために14基（すべてメイン）が設置されている。第2世代ユレダスの設置は各所で計画されており、その数はさらに増えつつある。

東海道新幹線の「ユレダス」は中継ネットワーク「サイレン」（7基）を介して東海道新幹線の沿線変電所内の起電停止トリガーシステム「ストップ」（25基、ほぼ20km間隔）に接続されている。14基のユレダスは各々25基のストップのいずれにも警報を送ることができる。中継ネットワークの回線状況や警報や地震情報などのさまざまな情報は中央指令に置かれたサイレンセンターやユレダス中央装置のCRTに表示される。いずれかのユレダスが被害地震を検知してから4秒以内に警報が出され、これから1分後までの各ユレダスの情報が統合されて、検知後1分半後には

CTCのプリンターに巡回指示書が出力される。

#### おわりに：「ユレダス2100」構想

ユレダスはこれから“揺れ出す”と警告する世界で初めてのシステムである。これは新幹線だけでなく、津波警報、火山監視、地震監視、微小地震観測、山はねの監視、道路交通の地震時管制、エレベータの地震時管制、地震の影響を受ける建設現場での地震警報など、いろんな分野の地震防災システムとして利用することができる。最近では、建物の地震時の震動を積極的に抑制するアクティブコントロールシステムが盛んに研究されているが、こうしたシステムとの連携も考えられる。

ユレダスの展開をさらに推し進めて、被害をもたらすような地震に対しては、多くの地点で大きく揺れる5秒前には警報が出ている状態にしたいと考えている。このため、ユレダス2100点ネットワーク構想「ユレダス2100」を提案している。これは、20kmの三角メッシュ状にユレダスを設置するもので、ユレダスの総数はおよそ2100点になる。こうしたユレダスネットワークは地震以外の防災情報の伝達にも利用でき、自然災害の防止のための独自の基盤整備が実現する。

首都圏ユレダスの地震情報については、1992年12月から無料テスト配信する予定である。テスト配信する情報は、統合情報に限ることとし、FAXを用いて送信する。内容は、地震の規模、位置（緯度・経度）、深さおよび震央地名であり、同時に震央位置を記した地図が添付される。最初に地震を検知してから4分後には、各ユーザーに情報が届いている状態にする予定である。半年ほどテスト配信を続けた後、個々のユレダスの第一次推定情報（警報として使用）や第二次推定結果を統合した精度の高い地震情報（地震後の諸対策に使用）を、種々の方法で有料配信したいと考えている。専用の回線と装置を用いた場合には、検知点からの一次情報は検知後数秒後から、また統合情報は地震検知後1分後くらいから配信を受けることができるだろう。

[なかむら ゆたか ㈱鉄道総合技術研究所ユレダス推進部長]

# 『南関東直下の地震対策大綱』

## 小林啓美

平成4年8月21日中央防災会議は「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」を策定した。これに至る経緯について解説する。

### 南関東地域における地震活動研究と地震予知の現状

「南関東地域」とは、東京首都圏を含む1都6県の地域であり、1923年関東地震で著しい被害を被った地域とおおむね一致する。この地域は面積30,000 km<sup>2</sup>、人口35,000,000人を超す日本でも最も集中度の高い地域であり、首都機能を含めて日本の政治、産業、経済、学術、文化の一大中心地である。また、近年の世界の動向をみれば、世界の政治、経済の面でも大きな核となる地域であって、その重要性はいまさらここで言うまでもない。大正震災のことを思い起こせば、この地域が地震被害を受けた時の後遺症は誰しも想像に難くないことであろう。

この地域は、南側は相模トラフのフィリピン海プレートがユーラシアプレートに潜り込む位置に限られるが、東側は太平洋プレートの潜り込みの位置であり、いわゆる「プレート三重合」の場所である。小地震の震源分布をみても、太平洋側の地震多発地域が北海道、東北では太平洋の海底であるのが、関東になると陸域のほうへ寄り、南関東ではほとんどが陸域で発生しており、その数も多い。1923年関東地震の断層面は山梨県東部から房総半島南部にかけての相模トラフに沿った面積約5,000 km<sup>2</sup>の地域に広がっていたと考えられている。

1923年関東地震の前のM8級の地震といえば、1703年元禄地震M7.9~8.2があげられる。その間は220年である。また、測地測定の結果、地

殻変動などの現状からみて、現在この地域での相模トラフ沿いのM8級の地震の切迫性はほとんどないと判断されている。その発生周期を200年とすれば、21世紀末以降に発生すると考えられる。

1923年関東地震の主な余震のあと約70年間、伊豆半島周辺を除いて、昭和初期から比較的静かだったこの地域で、1987年12月千葉県東方沖地震M6.7がこの地域内で起き、東京湾あるいは東京直下の地震も数を増してきた。1703年元禄地震から1923年関東地震までの記録をみても、元禄地震のあとM6.0を越す地震は80年程この地域では発生していないが、それ以後は140年間にM7.0以上は5回、M6.5~6.9は7回、M6.0~6.4は7回発生したあとで関東地震が起きている<sup>1)</sup>、単純な平均発生間隔はM7.0以上の地震で28年、M6.5以上は12年、M6.0以上は7年ということになる。

以上は南関東地域の直下の地震であるが、震源の資料は明確でないものが多く、特に歴史地震については史料から推定されたものであり、その深さについて地震年表には明示されていない。

この地域の地震は、プレート内の比較的浅い地殻内の活断層による地震とプレート境界の地震とが考えられる。活断層による地震については、この地域は関東平野の厚い堆積層に覆われている地域であるので、すべてについて明確に分かっている訳ではないが、『日本の活断層』などの資料<sup>2)</sup>によればこの地域の西半分についてはやや明らかで、平均変位速度もあまり大でなく、過去の活動記録などからみても、三浦半島、房総半島南部を除いて、推定再来周期は1000年を越すものが大部分である。しかし、プレート境界面の地震については上述の地震の多くがこれに属するものと考え

えられる。

一方、南関東地域における地震予知体制の現状は、関東平野は厚い堆積層に覆われており、また社会経済活動が活発で地震予知に必要な観測に対する障害が多いなど、地震予知観測体制と資料の蓄積はまだ十分ではない。活断層の調査、前兆現象の把握、微小地震の観測、地殻変動観測など地震予知に関する調査も東海地震に対するものにして困難が多い地域である。

### 南関東地域における地震発生の予測についての検討

中央防災会議地震防災対策強化地域指定専門委員会（座長・萩原尊禮）は中央防災会議事務局長の依頼によって、南関東地域における被害をもたらすおそれのある地震などについて、その発生の予測について検討を行なった。

昭和63年6月27日委員会は「南関東地域において、著しい地震被害をもたらすおそれのある地震発生の切迫性及びに現在及び将来における地震予知の見通しについて」の検討結果を中間報告した。その内容は、おおむね次のとおりである。

#### [1] 南関東地域における地震発生の切迫性及び予知の見通しについて

(1) 南関東地域における地震発生の切迫性 南関東地域に発生し、著しい被害をもたらすおそれのある地震としては、①相模トラフ沿いの地震、②南関東地域直下の地震、③房総半島沖の地震、の3つが考えられる。

①については元禄地震、関東地震など過去にM8級の非常に大きな地震が発生し、南関東地域に大きな被害をもたらしている。これらはフィリピン海プレートとユーラシアプレートとのプレート境界面に発生したものであるが、M8級の地震の発生は、前述の理由で、来世紀以降と考えられ、発生については切迫していないと判断された。

②の直下の地震には2つの型があるが、②-1地殻内の活断層で発生するものについては、再来期

間も長く、地震予知の現状からみて全体として、その発生の切迫性を判断することは困難であると判断された。②-2プレート境界に発生する地震はその再来期間は比較的短いと考えられる。また、関東地震のあとの静寂期を過ぎて、ある程度の切迫性を有していると判断された。また、相模湾西部におけるM7級の地震の切迫性を指摘する意見もあった。

③の地震については、房総半島の東方から南東にかけてかなり沖合いに発生するM8級のもので、観測資料が不足であるが、その発生の可能性について考慮しておく必要があるとされている。

#### (2) 南関東地域における地震予知の見通し

①の地震については、海溝型巨大地震であるので予知は可能と思われるが、今後の観測体制の整備が不可欠である。

②の直下の地震については、②-1の地殻内活断層では、比較的浅いところで発生するので、十分な体制が整い研究を積みめ可能性は存する。②-2のプレート境界で発生する地震は、断層面も深くよほどの研究が進まない限り予知は非常に難しい。③の地震は震源が沖合いにあり海底の観測体制の整備が必要で現時点での予知は非常に難しい。

#### [2] 地震防災対策強化地域の指定について

大規模地震対策特別措置法は、大規模な地震の切迫性があること、地震による著しい災害が生ずるおそれが大であることと条件があり、地震の発生が予知できる前提で防災対策強化地域を指定して対策を実施するもので、南関東地域に発生する地震を対象とする法の適用を検討すると、①の地震は発生の切迫性について、②の地震は予知可能性が、③の地震も予知可能性について、特別措置法の適用は現在では法的にまだ熟していないと判断された。

#### [3] 今後の課題について

以上の結論に対し、この地域の政治、社会、経済などの重要性和その被害の激甚なものとなる可能性にかんがみ、対策を講ずべき地域を想定して、①都市防災化の推進、②防災体制の強化、防災意識の高揚、③地震予知体制の強化推進、の3点に重点をおいて、効果的な対策を実施することの必



要性を強調している。

## 南関東地域直下の地震についての検討

前述の中間報告の課題に対して、上述の専門委員会はさらに南関東地域において当面想定すべき地震はその発生の切迫性が懸念される南関東地域の②の地震であるとして、著しい被害を生じるおそれのある地域の範囲について調査検討した結果、平成4年8月21日、次の結果を中央防災会議に報告した。

### [1] 南関東地域直下の地震②のモデル

②-1のモデルについては中間報告のように現段階では、当面想定すべき地震のモデルを明らかにすることは困難である。

②-2の地震については、南関東地域の地震発生の過去の状況から考えて、相模トラフ沿いの規

模の大きなM8級の地震に先立って、プレートの潜り込みによっていくつかのM7級の地震が発生する可能性が高いと推定される。この型の地震は、プレート境界面のどこでいつ発生するかを特定することは困難であるため、その発生の可能性のある地域に、ほぼ等分布にM7.0となる地震断層19個を設定した。

### [2] 著しい被害を生じるおそれのある地域の範囲

上述の②-2の想定地震の個々について、翠川・小林の方法<sup>3) 4)</sup>(東海地震の場合と同じ方法)で、各市区町村の地盤状況を考慮して、地表面の地震による地動最大加速度を求め、最大加速度より気象庁震度に換算し、震度がVI相当以上になる地域を計算した。この地域はおおむね半径30km程度の円となる。この19個の断層に対する震度VI以上を予測される地域を重ね合わせて、その外周を示したのが図1である。図の●印が該当する市区町村で、この範囲において特に重点的に地震防災に関する対策を講じるべきと考えられる。具体的には後述の大綱の中で市区町村名を示している。

### [3] 砂地盤の液状化について

なお、それぞれの地震において、半径30kmの範囲の内側はもちろん、外周でも局所的な条件によって砂地盤の著しい液状化が発生する可能性があり、図1に含まれないその外周部でも、局所的に砂地盤の液状化対策を講じる必要性がある所がある。

## 『南関東地域直下の地震対策に関する大綱』

中央防災会議は専門委員会から中間報告および南関東地域直下の地震についての報告を受けたことで、直下の地震から住民の生命と財産の安全を守り、また経済・社会活動の安定性を確保するために、

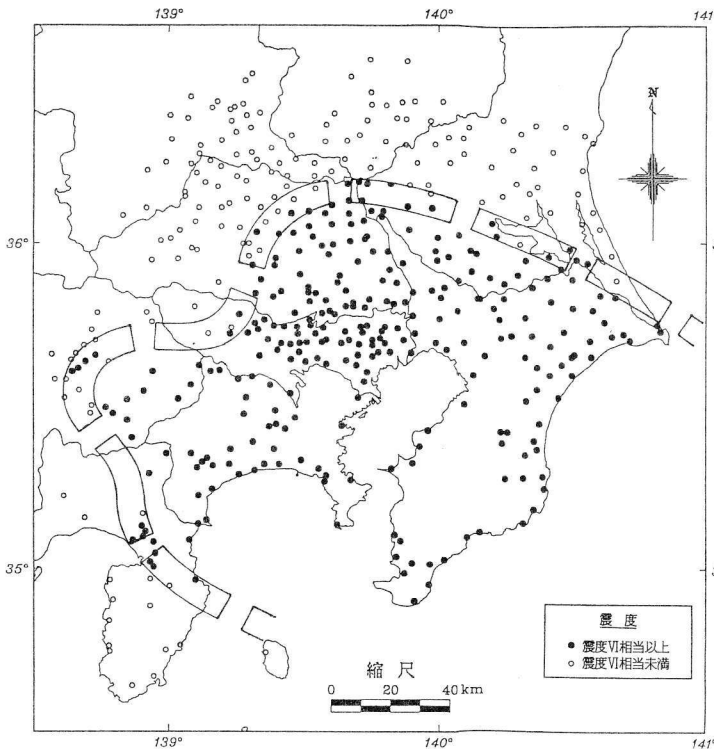


図1 南関東地域直下の地震により著しい被害を生じるおそれのある地域の範囲

(注：プレート境界面近くで発生する直下の地震に係わるもの)



著しい被害を生じるおそれのある地域の範囲において講ずべき震災対策について検討し、昭和63年12月6日「南関東地域震災応急対策活動要綱」に加えて地震防災に関する事前対策として本大綱を検討、平成4年8月21日策定し、公表した。その内容の概略は次のとおりである。

[1] 地震に強い都市づくり

1-1 防災施設等の整備及び都市防災構造化対策

1-2 砂地盤の液状化対策

[2] 都市型地震災害の防止・軽減対策の推進

2-1 ライフライン機能の確保対策

2-2 コンピュータのバックアップ対策

2-3 既存建築物の耐震対策及び被災建築物に係わる二次災害の防止対策

2-4 落下物の防止、ブロック塀等の安全化及び屋内収容物の転倒防止対策等

2-5 危険物施設等の安全確保対策、地震火災防災防止対策

2-6 高層ビル、地下街、ターミナル駅等の防火安全対策等

2-7 道路交通の混乱防止対策等

2-8 医療機能の確保対策

2-8 災害弱者対策

[3] 防災体制の充実強化

3-1 初動期防災業務体制の充実強化

3-2 総合的な応急対策活動体制の充実強化

3-3 相互応援体制等の充実強化

3-4 防災拠点の整備

3-5 災害情報・通信システム等の整備

[4] 防災意識の高揚及び自主防災活動

4-1 防災知識の普及

4-2 自主防災組織の育成強化及び防災ボランティアの活性化

4-3 企業の防災対策の推進

[5] 震災訓練の実施

[6] 地震予知観測・研究等

a. 直下の地震、深い地震に対する観測手法の開発

b. 直下の地震に対する予知の基礎的研究

c. データの収録と観測研究の迅速な対応

[7] 対策の効果的推進

結 び

以上、「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」が定められるに至る経緯とその背景について説明した。具体的な地震予知は現在の段階ではできないが、南関東地域の地震危険度が高まりつつあることは考えなければならない現状で、この地域の社会的な危険性のポテンシャルが高いことを考えれば、このような事前の対策の推進は非常に重要なことはいうまでもない。

参考文献

- 1) 東京天文台編, 1992, 理科年表.
- 2) 活断層研究会編, 1991, 新編 日本の活断層, 東京大学出版会.
- 3) 翠川三郎・小林啓美, 1979, 地震断層を考慮した地震動スペクトルの推定, 日本建築学会論文報告集, 282号.
- 4) 翠川三郎・小林啓美, 1980, 震源域及びその周辺での地表面最大加速度分布の推定, 日本建築学会論文報告集, 290号.

[こばやし ひろよし 日本工業大学教授・東京工業大学名誉教授・中央防災会議地震防災対策強化地域指定専門委員会委員]

お 知 ら せ

本書は、国土地理院の承認を得て、同院の技術資料 F・1 No.6 [日本の地殻水平歪] を、当財団が研究資料として研究者の利便を目的とし、その複製版を限定発行したものです。

ご希望の方々のために、下記のような実費頒布を致しております。お問合わせ下さい。

日本の地殻水平歪 国土地理院編

- 体 裁 上製・枢判 本文 133頁 2色刷  
付録 カラー歪図 2編
- 頒布実費 [送料を含む] 20,000円
- 申込先 東京都千代田区神田美土代町3  
財団地震予知総合研究振興会
- 郵便振替口座 東京 1-109120

財団法人 地震予知総合研究振興会

# 日機装(株)静岡製作所の地震対策

## 福代孝司

### はじめに

当製作所は、静岡県中部にある大井川の西岸約8 km、緑豊かな牧之原台地を背に、南は駿河湾を望む、温暖で静かな環境の中にある。

昭和49年9月、当社では東京の東村山製作所に次ぐ第2の生産拠点として、当地に医療器専門工場を建設した。本年で丸18年目を迎えることになる。この間、医療器工場の増築のほか、電子工場・新素材工場も建設し、今日では製作所として、さまざまな製品を生産し、国内外に出荷している。

当製作所が操業を開始してから、ちょうど2年後に「東海地域で明日大地震が起こっても不思議ではない」という東海地震説が発表された。まさに晴天の霹靂で、従業員一同、震え上がったのである。さっそく地震の資料と情報の収集にあたり、従業員に対して啓蒙を促すとともにできる限りの地震防災対策を実施してきた。現時点でも、まだまだ多くの課題を残しており十分とは言えないが、これから当製作所の地震防災対策の概略についてご紹介することとする。

### 製作所の概要

- 所在地 静岡県榛原郡榛原町静谷498番地1
- 敷地面積 56,958 m<sup>2</sup>
- 建築延面積 29,227 m<sup>2</sup>
- 従業員数 605人（男57%、女43%）
- 通勤手段 マイカー（83%）、会社送迎バス（14%）  
その他（3%）
- 主な製品 人工腎臓装置および透析器・人工臓臓・輸液ポンプ・多機能分散型デジタルコントローラー・粒度分析計・ジェットエンジン逆噴射用カスケードほか

当製作所は、榛原町静波海岸より北へ約5 km、牧之原台地の浸蝕谷（勝間田の谷）にある。周囲丘陵は茶園、平地は水田で民家は集落となって点在する純農村地帯のほぼ中央にあり、東名高速道路のすぐ北側に位置する。

立地地盤は、上部が沖積土を主体とした粘土層、中間が牧之原台地の礫層に起因する礫質土層、下部は新第三

紀相良層に分類される基盤岩層となっている。建物支持層の深さは、敷地南方で5~10 m、北方で10~20 mで段丘を形成している。N値は5以下と低いため、建物支持力はすべてコンクリート杭で確保している。敷地は海拔17 mで、津波による被害の恐れはないと思われる。また、山崩れ・ガケ崩れの心配もない。この地域は静岡県の想定によると、震度は7で地震の加速度300~500ガルで、地盤の液状化が起きる可能性があるとしている。

### 地震対策の経過

(1) 地震対策基本方針 最初に述べたとおり、当初は地震に関する資料と情報の収集に奔走したのであるが、同時に地震対策を進めるにあたり所内の統一見解が必要なため、つぎの4項目を決定した。

- 人命の安全を確保する。
- 地域社会に迷惑をかけない。
- 会社財産の被害を最小限に抑える。
- 地震後の復旧に全力をあげる。

まず一番目として、人命の安全の確保、すなわち地震による死傷者を出さないことである。このことは、従業員のみならず来客者や出入りの業者も同様である。近年、人命尊重の気風がますます高まってきているが、また企業の経営基盤を成すのも人であろう。地震時は、全員が揃って安全に避難できるようにするのが、最も大事なことだと考えている。

二番目として、地域社会に迷惑をかけない、これは危険物や薬品の流出を防ぎ公害を起こさない、そして火災を出さないことである。当地域で今後、長年にわたり操業発展していくためには、地域社会の人々の協力と支援が絶対必要と思われる。天災といえども、地域社会に迷惑をかける訳にはいかない。この二次災害を起こさないことも大事なことだと思っている。

三番目の会社財産の被害を最小限に抑えることであるが、言い換えれば会社の財産を守ることにほかならない。ご承知のとおり、工場は建物から中身である原材料・製品・設備・備品・消耗品に至るまですべて購入品から成り立っている。被害は、会社だけでなく従業員にとっても負担になりかねない。この被害の程度如何は、全従業員の防災の取組み方によって、大きく変わってくる。全

従業員が、知恵と工夫をもって会社財産を守らなければならない。

四番目の地震後の復旧に全力をあげることであるが、当製作所の製品のうち人工腎臓装置や透析器は、全国の多くの患者の命がかかっている。また、世界のシェアの約100%を占めるジェットエンジンの部品も製造している。これらの製品の供給停止が生ずれば、顧客に対して大きなダメージを与えることになる。地震に対する予防措置を徹底すると同時に、地震後の速やかな復旧対策を考慮しておくことも肝要なことであると思っている。

(2) 建物に対する見解 建物の倒壊（または崩壊）と火災の発生はないとの見解をもっている。

主な建物は鉄筋コンクリート造3階建と2階建で、一部鉄筋鉄骨造2階建である。昭和49年から昭和53年に建築したものは、旧建築基準法によるため、静的震度法 $K=0.2$ で設計されており、動的考慮はされていない。それ以後の建物は、新耐震設計法により設計建築されている。建物倒壊なしの根拠は、建物が新しいこと、3階建以下の低層建物であること、鉄筋鉄骨複合構造物は上部が軽く地震に強いことなどの総合的判断によるもので、耐震診断に基づくものではない。最近では、耐震診断とその補強技術に格段の進歩があると聞く。建物劣化の進行や、地震後の早期復旧を考えると、耐震診断も必要ではないかと思っている。一つ懸念されることは、軟弱地盤においては稀に杭が折れることがあるというが、前記のとおり、段丘礫層に杭で建物支持力を確保しているので、万一、杭に損傷があれば建物の不同沈下も考えられよう。しかし、この件については、今のところ対策の施しようがない。

火災については、ごく一部の場所で危険物を扱っているが、全体としては危険物や火気の使用が少ないため、火災発生の可能性は少ないとの見解をもっている。

(3) 地震対策実施状況 ハード面の対策としては、つぎのものを実施した。書棚・物品保管棚・更衣ロッカーなどの転倒防止対策、生産設備・一般設備、電力用トランスの固定、瓶入り薬品の破損防止対策、ガスボンベ転倒防止対策、LPガスおよび重油緊急遮断弁の取付、重油タンク防油堤の高上げ、同報無線受信器の取付。

棚・ロッカー類は、壁や天井にアンクル材などで固定しているが、壁面が無い場所や天井が高い場所は棚同士を固定している。瓶入り薬品は、瓶の接触による破損を防ぐため木製格子を製作し、その中に納めてある。ガスボンベは、立て掛けたボンベの上下2段に鎖を掛け、転倒と滑り止めをはかっている。緊急遮断弁の感震器設定値は、いずれも震度5相当である。同報無線受信器は、町役場よりの情報をいつでも受信できるように常駐の警備室に取付けてある。ガラス飛散防止フィルムは、その

表1 地震防災対策機材

(a) 防災倉庫内配置品

No.	備品	数量	No.	備品	数量
1	テント	1	13	ガスレンジ	1
2	ロープ	100	14	防災用かまど	1
3	カケヤ	2	15	什器類	1
4	斧	1	16	杭	10
5	バル	2	17	中電灯	5
6	ツルハシ	2	18	懐中電灯	30
7	大ハンマー	1	19	乾電池	10
8	なまし鉄線	1	20	ビニールシート	30
9	ボルト・クリッパー	1	21	合長靴	10
10	除菌ポンプ	5	22	タオル	10
11	除菌タンク	10	23	救急箱	30
12	ポリバケツ	10	24	救急マツチ	1

(b) 他場所配置品

No.	備品	数量	No.	備品	数量
1	携帯ラジオ	2	13	オイルキャッチャー	3
2	トランシーバー	2	14	非常食	500
3	メガホン	4	15	非常食布	100
4	救急箱	8	16	防水ベニヤ板	10
5	携帯用発電機	2	17	平トタン	10
6	担架	7	18	消火器	160

目的で貼ったところはない。これは、幸い通路に面した窓が少ないこと、窓ガラスの固定パッキンが弾性シリコンパッキンであること、また避難口には大きな屋根があることから、それらの措置を取っていない。しかし、一挙に数百枚のガラスが割れた場合は、一時的に風雨を防ぐためにもフィルムを貼る必要を痛感している。

防災用資機材は、プレハブ式物置を設置し防災用倉庫としている。防災用倉庫内配置品と他場所配置品は、表1のとおりである。非常食のうち米は1500食分用意しており、これは保安要員7日分を確保している。飲料水は、既設40m<sup>3</sup>の受水槽の水を使うことにしているが、今後、3m<sup>3</sup>程度の予備タンクの設置を検討している。ソフト面の対策としては、つぎのものを作成した。

- 静岡製作所地震防災計画書
- 職場地震防災手順書
- 緊急連絡網
- 五人組編成表
- 大震法に基づく地震防災計画書、地震防災規定（官庁提出）
- 化学物質一覧表

静岡製作所地震防災計画書の内容は、警戒宣言の受理から防災態勢までと教育訓練が主体である。この計画書については、今後、予防保全対策のほか事後保全対策も組み入れ、より充実した計画書にしたいと思っている。また同計画書には、従業員の地震時における行動基準を示しているが、これを徹底させる手段として、全従業員に配布の安全手帳に盛り込んでみた。この安全手帳とは、本来、労働災害の防止を目的として作成したもので、安全の基本動作と個別作業の注意事項、事故・火災時の連絡先と処置などを編集したものである。安全手帳に記載してある地震に関する行動基準は、つぎのとおりである。

①地震予告（本部指令）があったときの措置

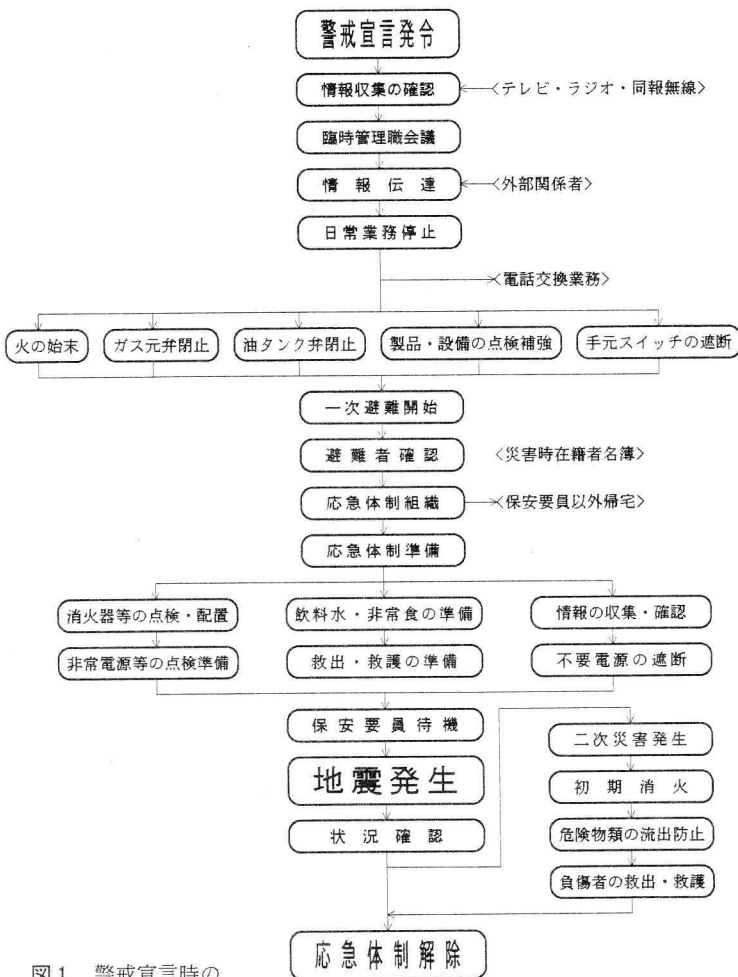


図1 警戒宣言時の行動基準

- 部（課・グループ）の全員を集めさせる。
- 部（課・グループ）の人員確認をする。
- 来客者・出入業者に通知する。
- 防災措置をとる。
  - ◇生産・試験・実験設備を停止して防災措置をとる。
  - ◇火元・ガスの処置をする。
  - ◇電源の処置をする。
  - ◇危険物、毒・劇物の処置をする。
  - ◇非常用具・非常食の準備をする。
  - ◇ムーブラック・ロッカーは閉め固定する。
- 管理職は全項目を確認する。
- 避難命令を待つ。

なお当製作所は、地震による火災発生の可能性は少ないとの見解から書類などの非常持ち出しは行なわないことにしている。

②予告なく地震がきたときの措置

- すばやく手元の火の始末をする。

- 手元の電源を切る。
- 手元の危険物の始末をする。
- 手元の毒・劇物の始末をする。
- 丈夫な物陰に身をよせる。
- あわてて外へ飛び出ない。
- 初期消火に全力をあげる。
- 避難命令に従う。

（避難は、守衛所前の各部表示板の前に整列する。女子を優先し走らない）

- 避難場所では、秩序を守り点呼をうける。

（五人組確認）

- 指示あるまで勝手に帰宅してはいけない。

③警戒宣言発令後、操業を停止する基準

- 出社後 2～3 日以内の予告のとき。（平常勤務、対策打合せ）

- 出社後数時間以内発生予告のとき。（1 時間以内に防災対策後、避難）

- 退社後発生予告のとき。

（操業停止、保安要員以外自宅待機）

警戒宣言発令時の行動基準を図示したものが図1である。

五人組編成表は、大世帯の職場や交替制の職場では人員確認に時間がかかるため、最大5人を1グループに分けて避難班を編成している。

化学物質一覧表の作成は、手持ち化学物質（含：危険物）の量を減らし、事故と二次災害を防ぐのが目的である。

化学物質は、すべて登録制として一覧表にし、お互いに譲り合うようにしている。その他重油タンクは、地震時のスロッシングにより油が溢れ出ないように、最大貯蔵量をタンク容量の8割としている。

防災のための体制

(1) 自衛消防組織 自衛消防組織は、当製作所竣工後、消防計画書の作成義務に基づき、自衛消防隊を発足させた。当初は火災発生を想定した避難・消火・救護訓練を行ってきたが、東海地震説の発表があったからは災害対策本部を設置するとともに、地震防災を主体とした自衛消防組織に変更した。現在の自衛消防組織は、図2のとおりである。夜間と休日の対応は、近隣在住の従業員は勿論のこと、急を要する場合は何といっても近くに住む人達が力になる。このため製作所の隣接班の人達と年1回会合を持ち、相互支援体制の確認を行なっている。

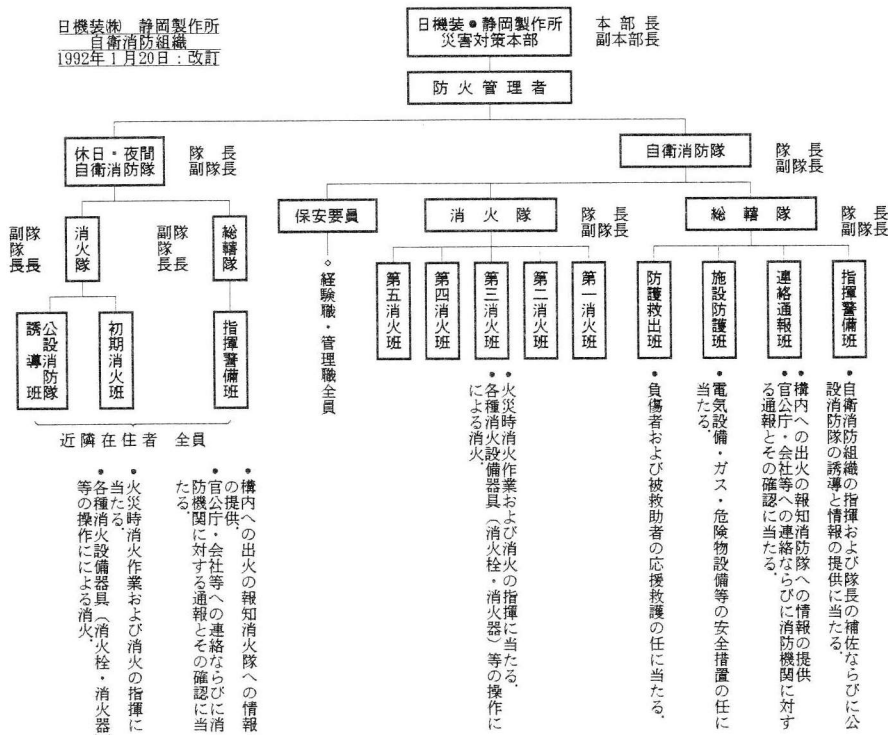


図2 自衛消防組織

(2) 防災チェック機構 地震防災体制のチェックは毎月1回開催する安全衛生委員会の委員（28名）による職場巡回安全パトロールの実施など、労働災害防止と合わせて行なっている。主に棚類や設備とガスボンベの固定、化学物質の管理状況、消火器の配置、避難路の確保などをチェックしている。また、この委員会の下部組織として地震対策委員会（9名）があり、地震に関する情報の収集、啓蒙活動、地震対策立案推進を行なっている。

### 教育と訓練

(1) 教育 地震防災対策の教育としては、全従業員に対して“起震車の試乗体験”、『地震の心得』（A4判15ページ）の配布、各職場には「地震の心得10ヵ条」の掲示を行なってきた。その他、新入社員や中途入社社員に対しては、前記の安全手帳により配属日当日、地震教育を行なっている。

(2) 訓練 地震防災訓練は、毎年9月1日に実施している静岡県「総合防災訓練」に準じて行なっている。昨年度の地震防災訓練の内容は、「資料」（表2）のとおりである。訓練は、警戒宣言の受理後、中規模地震（または前震）の発生を想定して地震発生を組み入れている。正門を開める目的は、従業員と来訪者の安全確認の徹底と、マイカー通勤者が多いため、正門付近での事故を防

ぐ目的である。したがって、帰宅は距離を問わずすべて徒歩とし、また帰宅途中に協力しあえるように帰宅方面別に集団帰宅としている。来訪者の帰宅・残留は、本人の希望に一任することにしてはいる。その他、通常の訓練は、消火隊の規律、放水訓練と一般従業員の消火器取扱い訓練が、年3回、防護救出班の救護訓練と保安要員の動員訓練が年1回となっている。訓練に際しては、消火隊は地元消防団、救護は所轄消防署の指導を受けた。消火隊の隊員服は、体の

保護のほか隊員の志気を高めるため、消防団が着用している半天を取り揃えているが、工場内部が広いのでアルミックス消火服や空気呼吸器も、順次用意したいと考えている。

### 今後の課題

東海地震の規模と場所は、御前崎沖から駿河湾に至る約100~120 kmの駿河湾沿いの線から、西方約50 kmの領域で発生し、その大きさはM8クラスと想定されている。

当製作所の位置は、この領域のほぼ中央にあり、震央に当たるといえる。地震後の地盤隆起は、約2 mと想定されているので、下から一気に2 mほど突き上げられる恰好になるかと思われる。このP波の後に、当然、強烈なS波の来襲が予想される。したがって当地域は激震となり、相当大きな被害の出ることが予想される。

この巨大地震が、西暦2000年までに起きる確率は34%と専門家はみている。これは、先般サンフランシスコで発生した地震発生の予測30%を上回っており、地震発生の予想確率としてはかなり高いものといえる。

このような状況にもかかわらず、一昨年、静岡県が実施した地震に関する意識調査によると、3年前に比べて関心が薄れてきている結果が出ている。当製作所は、東海地震以後も事業規模の拡大とともに次々と建物を増築し、人と物が倍増しており、また県外からの従業員も

表2 資料：1991年地震防災訓練実施計画

1991年8月22日 総務部

1991年度静岡製作所地震防災訓練を、下記の要領にて実施しますので、従業員各位の参加と協力をお願いします。

記

- 1) 日時 1991年8月30日(金) 15:15～  
 2) 対象者 静岡製作所従業員・常駐関係会社と来客者  
 3) 訓練項目  
 1. 地震警戒宣言発令時の措置  
 2. 地震発生に伴う避難訓練  
 3. 施設防護班の設備点検訓練 4. 負傷者救出訓練  
 5. 通報訓練 6. 消火訓練 7. 帰宅訓練  
 4) 訓練実施要領

時間	訓練項目	想定及び伝達方法	防災措置及び訓練内容
15:15	警戒宣言発令の受理	町一守衛-総務部	サイレン、同報無線(放送)キャッチ次第、総務部、職制を通し、製作所長くまたは代理者へに報告する。
15:20	対策決定	防災会議開催出席者(右者)製作所長に集合	災害対策本部 正副本部長 自衛消防隊 正副隊長 総括隊
15:30	構内伝達	・社内放送。 「訓練：只今より重要連絡をいたします。東海地域に地震警戒宣言が発令されました。各各位は地震防災体制に入ってください」(繰り返す)	☆社内放送後、管理職は従業員に各職場の防災措置を模範させる。 ☆避難方法の確認をする。 ☆自衛消防隊の隊員は、全員ヘルメットを用意する。 ☆災害時在籍者名簿を作成する。 ☆正門を閉める。(守衛) ☆非常用具、非常食の持ち出し準備をする。
15:45	地震発生	・地震発生。(テープで地震に似た音を流す)	☆ガスの元栓を閉める。 ☆電気のスイッチを切る。コンセントを抜く ☆火器の始末をする。 ☆毒・劇物、危険物の始末をする。 ☆机、作業台の下に身をかくす。
15:46	一斉避難	・社内放送。 「訓練：全員避難場所へ避難して下さい」	☆グループになり声を掛け合いながら、安全を確認して避難する。(避難場所での私語は慎むこと) ☆指定された部署標識に沿って整列する。 ☆各部長は、プラカードを持つ。 ☆点呼が済み次第、その場所にすわる。
	避難完了報告	・報告の仕方(丸) 「敬(例：総務グループ、異常なし)」 ・異常の場合	☆本部長及び自衛消防隊長は、ハンドマイクを使用する。 ☆五人組リーダー⇒課長⇒部長の順序で報告 災害対策本部が各部確認にまわる。 (例：総務グループ××さん不明のため、捜索願います)
15:55	施設防護班設備点検訓練 防護救出班負傷者救出訓練 連絡通報班 消火訓練	・消防隊長は施設防護班長に整備点検の指示を行う。 ・消防隊長は防護救出班長に負傷者の救出を指示する。 ・連絡通報班長は火災発生を消防隊長に報告する。 消防隊長は消防隊長に消火の指示をする。	☆総括隊・消防隊は避難完了後、各班ごとに配置につく。 ☆施設防護班は、所内の点検を行う。(危険物倉庫、変電所、倉庫、粉/粉/庫) ☆防護救出班は、負傷者の救出と応急処置を行う。 ☆連絡通報班は、火災発生現場より緊急電話222を使って守衛室の連絡通報班長に火災発生を通報する。 ☆第一・第二消防班は、標的に向かって放水する。
16:15	帰宅隊列編制訓練	・消防隊長は保安要員を本部前に集合させる。 ・消防隊長は帰宅隊列にかかれと指示する。	☆保安要員は、本部前に整列する。 ☆帰宅方面別に、プラカード前に整列する。 1. 秋葉団地方面 2. 静波地区方面 3. 細江地区方面 4. 大井川・鳥田地区方面 5. 金谷・菊川地区方面 6. 御前崎・相良地区方面
16:20	講評	製作所長	

◎来客者・常駐業者・工業業者は、担当者が守衛所西側まで誘導する。

以上

増えている。このようなこともあり、所内全般の雰囲気を見て、やはり、ひと頃に比べて地震に対する関心や警戒心の低下を感じるようになった。緊張を持続させる難しさは万人の認めるところであるが、従業員の足並が揃わなくては防災対策も徹底できないであろう。

今後の課題の第1は、「明日起こっても不思議ではな

い」と言う、この巨大地震に対する従業員の防災意識の向上に尽きると思われる。従業員に対する啓蒙活動は、地震対策委員会の重要な任務でもあろう。しかし具体的には、なかなか良い案を見い出せないが、一つの試みとして、先日、静岡市にある静岡県地震防災センターを全員で見学し、地震発生のメカニズムから起震体験まで勉強して、たいへん参考になったので、今後は同センターの見学会や、再度、起震車を依頼して試乗体験をさせるなど、積極的に啓蒙活動をすすめて、防災意識の向上に努めたいと思っている。

第2の課題は、ハード面の対策の見直しである。地震防災対策は、地震の震度と想定される被害の見積り方によって変わってくる。また、どの程度まで損害を許容するのかによっても取組み方が大きく変わる。東海地震は、ほぼ100年周期で発生する大地震と言われている。また当地域は、震度7の激震地区に想定されている。起震車で体験した揺れ方とは違う複雑な揺れ方も考えられる。最悪の事態を想定したとき、現時点での防災対策ではまだまだ甘いと思っている。これらをもう一度見直して、万全の防災体制を考慮したい。

第3の課題は、地震後の復旧対策をどう図るかである。東海地震は、県下全域に及ぶ広域災害になると想定しているが、一時的には相当なパニック状態になる可能性がある。有線による通信手段は望めないと言われており、従業員の安否や被害状況、水や電力の復旧見込みの正確な情報を掴む手段を確立しておかなければ、操業再開の目処も立たない。伝令・情報収集訓練も急がなければならない課題だと思われる。

東海地震は、予知が可能と言われるものの、それを防ぐ手段はない。そうであれば、堅固な防災対策を実施して地震を

迎え撃ち、無事、乗り切る以外に道はない。

今後は、残された課題に対して、全従業員が一丸となって取り組み、予想される大地震に備えたいと考えている。

[ふくよ こうじ 日機装機静岡製作所総務部施設グループリーダー]



# ■ 地震予知連絡会情報 ■ 田中寅夫 安藤雅孝 ■

1992年8月17日に第101回、11月30日に第102回の地震予知連絡会が開催された。全般的に地震活動は静穏であり、各機関から報告された事項は101回は60件、102回は66件であった。伊豆諸島の神津島と南西諸島の西表島に群発地震が引き続き活発に起きているのが特徴。

## 東海地方の地震・地殻活動

東海地方の地震活動は、この間、静穏であった。6月21日に木曾駒ヶ岳付近にM4.2の地震が起こった。あまり地震の起こらない場所である。名大理によって三河湾を跨ぐ三ヶ根—蔵王基線(16km)で繰り返されている辺長測量結果は1991年以降、再び収縮の傾向を示している(以上、第101回：資料)。

神津島周辺の活動は9月に入り活発になった(第102回：気象庁資料)。東海地方を西部(A)、中部(B)および(C)と図1のように分割し、地震活動の最近の時空間分布をみると、A地域の南半分とB地域は、最近、静穏であり、C地域では神津島周辺に活動が集中していることがわかる(第102回：気象庁資料)。静岡県西部の活動は、やや活発化の傾向がある(第101回：気象庁資料)。

御前崎における傾斜計は、これまで通り南東上がりの傾向が続いている(第101回、102回：気象庁資料)。掛川BM140—1を基準として相良BM2594および御前崎測候所重力基準点

の重力値は、一様に増加を続けている(第101回：国立天文台資料)。

三ヶ日—掛川間の水準測量は、三ヶ日の隆起を示している。焼津を基準とする御前崎付近の水準測量結果には、1986年以降、周期的な上下変動がみられるが、御前崎が順調に沈降しているのは変わらない。月平均潮位差からも御前崎は引き続き沈降している(第101回、102回：国土地理院資料)。

高山—南伊豆—静岡—高山基線におけるGPS観測が1990年より続けられているが、各観測点間とも距離は縮

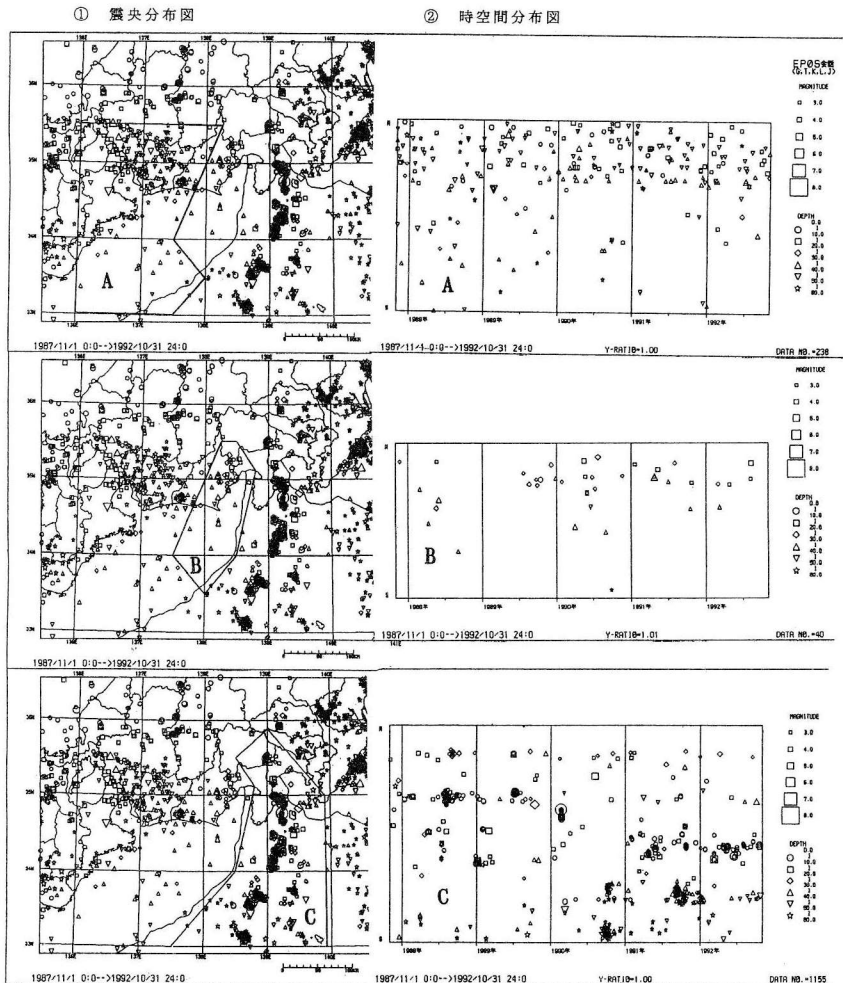


図1 東海地方における地震活動の時空間分布(第102回：気象庁資料)

みが観測されている。静岡—高山間では、連日、観測が行なわれており、大きな年周変化が検出されており、間隔の長い測定における問題が指摘された（第102回：名大理資料）。

### 伊豆半島周辺の地震・地殻活動

鎌田（伊東市）における地震回数から見て、伊豆半島の地震活動は引き続き低い。最近2年間の伊豆半島東方沖地震活動は、1991年8月と12月の小規模の群発地震だけである（第102回：気象庁資料）。伊東市は検潮記録から隆起の速度が1990年頃より鈍ってきていることがわかる。1992年2月と同6～7月に実施された水準測量は、伊東市周辺での約1cmの沈降を示している。川奈地区の精密辺長測量結果は、伸びの傾向が最近鈍っていることを示している（第101回、102回：国土地理院資料）。自動光波観測による伊東—初島測線の距離は1990年以来、わずかながら増しているが目立った変化はない（第101回、102回：東大震研資料）。

神津島周辺では群発地震が活発である。震源は北東—南西方向の海底地形・島に平行に2列に並ぶのがわかる。地震活動は10月17日にはM5.1の地震が発生するに至った（第101回、102回：気象庁、東大震研資料）。

8月12日八丈島東方沖、深さ41kmにM6.2の低角逆断

層型地震が発生した。この付近では1972年のM7.2以来の大地震であった。八丈島では波高17cmの津波が観測された（第102回：気象庁資料）。

### 関東地方の地震・地殻活動

10月14日、東京湾直下56kmの深さにM4.4の地震が発生した。フィリピン海プレート上面より下にあり、この付近の活動としては大きな規模の地震であった（第102回：防災科研資料）。

11月19日には東京—神奈川県境で、深さ30.9kmにM4.1の地震が発生した。東京都・神奈川県下の地殻地震は、西部・中央部・東部の3つの顕著な地域グループに分けられるが、この地震は中央のグループに属する。このグループの中では、最近10年間のうちで最大の地震であったのが注目される（第102回：防災科研資料）。

### 北海道・東北地方の地震・地殻活動

7月10日に千島列島択捉島沖でM6.4の地震が発生したが、余震は少なく30余りしか観測されていない。この場所では1984年にもM6.8の地震が起きている（第101回：気象庁資料）。

北海道太平洋沿岸地域では、最近、地震活動の目だっ

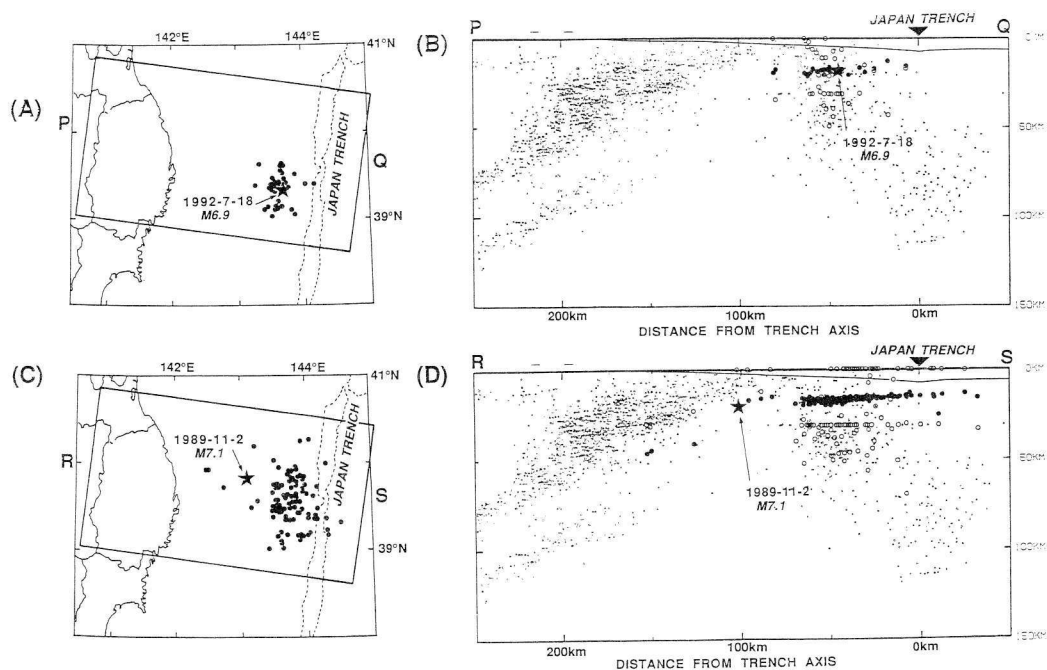


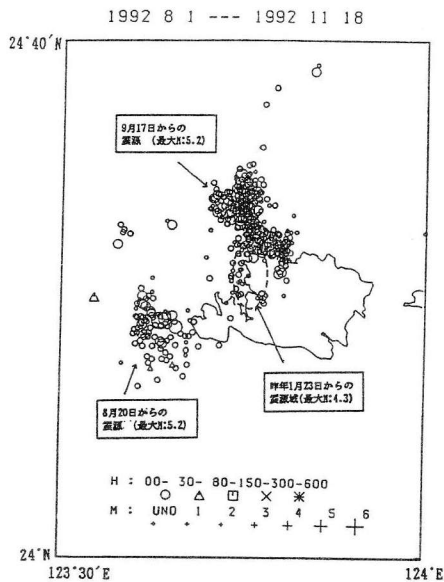
図2 (A) はsP波の観測された1992年7月の三陸はるか沖地震(M6.9)とその余震の震央分布  
(B) はルーチン処理によるこれらの地震の深さ〔白丸〕と、sP波の走時を用いて再決定された地震の深さ分布〔黒丸〕(第101回：東北大理資料)

た空白は認められない。1968年以降のデータから見て、千島列島南部と三陸沖の地震活動は互いに呼応しているように見える（第101回：北大理資料）。

水準測量結果から、有珠山付近で1985年以降、2cm足らずの隆起が見られる。花咲と十勝港の潮位差には1992年に入って花咲沈降を示す原因不明の大きな変動が見られる（第101回：国土地理院資料）。

青森県沖で7月12日に発生した地震（M6.3）は低角逆断層型であり、プレート境界に位置している（第101回：東北大理資料）。

7月16日から31日にかけて三陸はるか沖でM6.9を最大とする地震活動があり、最大震度Ⅲを含め有感回数29回に達した。1989年10月から12月にかけて発生したM6.5およびM7.1の震源領域の南側に、一部重なりながら今回の地震は、その南側に発生している（第101回：気象庁資料）。39.3°N付近に定常活動の空白が見られるが、これはそのまま余震分布にも継続して見られる。また、16日のM6.1の地震の後、余震が減衰せず、注目していたところ18日のM6.9、6.3、6.1の地震が発生した。この後は余震が異常に多かった。また、29日のM6.2の地震の後では余震は極めて少なかった。sP波によって決定された震源の深さは図2に示すように、ルーチン処理による結果に比べ、20km程度浅く求められ、非常に低角で沈み込むプレートの上面を示している。この地域では地震活動が始まるとb値が減少する傾向が見られる。さらに、広帯域地震計（STS-1）によって記録された波形を解析すると、短周期の卓越する地震はM6.9地震の震央の北側



に、長周期の地震波が卓越する地震は同じく南側に分布しているようである。各地殻変動観測所の観測結果および三陸海岸における驗潮記録から求められる潮位差に、地震活動前後の異常変化は認められない（以上、第101回：東北大理資料）。津波の最大は大船渡で23cmを記録した（第101回：気象庁資料）。7月18日のM6.9地震を境にして、国立天文台江刺地球潮汐観測施設における歪の傾向が変化したように見える（第101回：国立天文台資料）。大東および気仙沼における歪の傾向が1991年のはじめ頃を境にして変化したように見受けられる（第101回：東北大理資料）。鹿島におけるラドン濃度の観測結果は、1987年2月以降、全く coseismic な変化を示さなかったが、5月12日および7月20日の地震に際して、再び coseismic な変動を示した。反応する能力を回復したと解釈するべきであろうか（第101回：東大理資料）。

### 中部・近畿・中国地方の地震・地殻活動

7月30日には揖斐川北西にM5.3の地震が起きた。深さは気象庁では36km、名大では28kmと求められた。この地域では珍しく深い地震である。余震は観測されていない（第101回：名大理資料）。松代の歪観測結果は1991年はじめ頃から、収縮速度が大きくなった（第101回：気

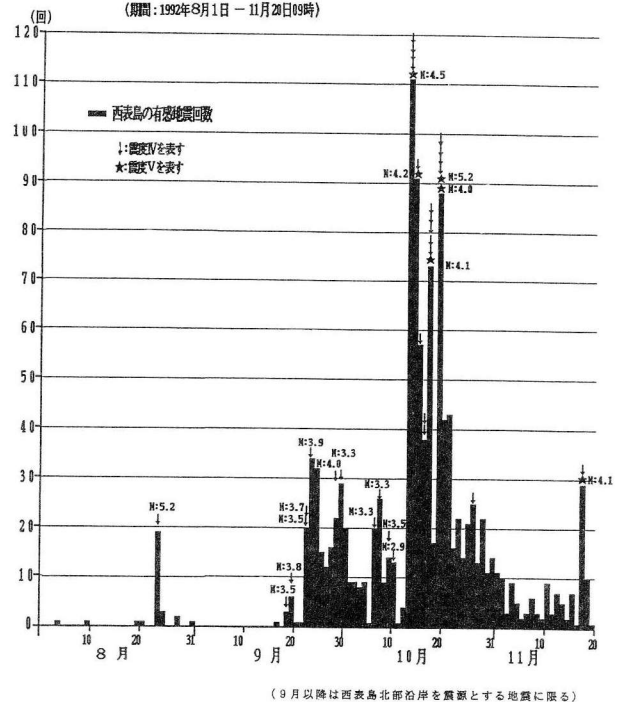


図3(A) 1992年8月、9月～11月に発生した西表島群発地震の活動状況  
地震が次第に南へ移動しているのがわかる。

象庁資料)。

1987年5月28日の京都府中部の地震(M4.7)周辺の微小地震は、1986年以前にはストライクスリップ型、1987年以降は逆断層型を示すものが多い(第101回:京大防災研資料)。

近畿地方では、1982年以降、紀伊半島の南へ向かう沈降と、若狭湾の沈降が見られる(第101, 102回:国土地理院資料)。

### 九州地方の地震・地殻活動

千々石湾では、1989年11月の群発地震発生領域の南側に今年4月1日、西側に8月13日、M4クラスの正断層型地震が発生するなど、活動の周辺部への移動が見られる(第101回:九大理資料)。島原半島内での地震活動は、現在は不活発である(第102回:九大理, 気象庁資料)。

島原半島では、この一年間に、島原市に対して雲仙岳周辺で5cmに達する沈降が見られる。GPS測量による、この一年半の雲仙岳周辺の水平歪は、普賢岳の東で伸び西で縮みとなっている(第102回:国土地理院資料)。これらの歪は、普賢岳の下のマグマ溜まりの収縮と東斜面のダイクの貫入で説明できる。また、鹿児島湾の沈降は継続している(第101, 102回:国土地理院資料)。

9月23日、薩摩半島の南端でM5.9の地震が発生した。与那国島西方沖(台湾東沖)では、5月から7月にかけて活動がやや活発であった(第101回:気象庁資料)。

8月20日、西表島群発地震が再び始まった。この震源域の東20kmでは1991年1月に群発地震が起こり、同年4月半ば頃にほぼ終息した。8月の群発地震活動は10日間で終息したが、9月17日に再び群発地震が始まった。震源域は昨年の群発地震の位置に近かった。10月より次第に海岸地域に移動してきた(第102回:気象庁資料)。その後、地震活動は臨時観測網データにより決められ、昨年の活動域をさらに北西に伸ばしたものであることがわかった(第102回:京大防災研資料)。昨年と今年の群発地震は、走向がNW-SEで傾斜が65°の面をなす。1991年5月と本年10~11月の精密水準測量の結果、この地震面の上端付近で、西側が相対的に4cm沈下していること

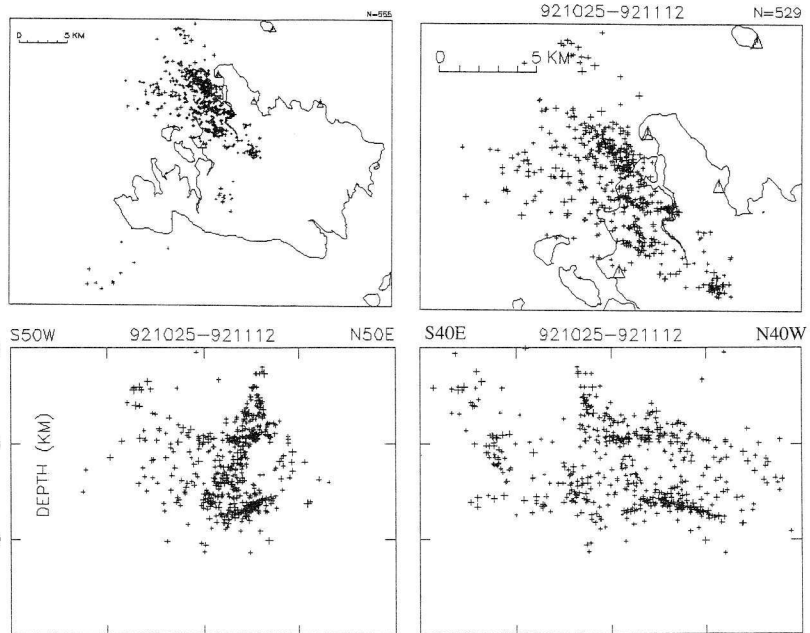


図3(B) 臨時観測に基づく西表島群発地震の分布

がわかった(第102回:国土地理院資料)。この群発地震面が何らかの動きをした可能性が高い。もし、この地震面が正断層を表すものとしたら、ズレの量は10cm程度と見積もられる。現在、群発地震は西表島西部に点々と広がっており、今後の推移が注目される。

### その他

各地の地磁気永年精密観測結果には、とくに異常は認められない(第101, 102回:気象庁資料)。

最近の地震について、地中電界変動の間欠的放射を調査したところ、1992年5月11日の茨城県の地震(M5.8, H=56km)をはじめ、10例の地震について0.4日から15日程度先行して放射が見いだされた(第101回:防災科研資料)。さらに、最近3年間の地中電界観測の結果がまとめられ、観測点から距離80kmでM>4.5、深さ100km以浅の地震91例のうち、11例に前兆的異常信号が検出された(第102回:防災科研資料)。

また、特定部会が8月17日と11月30日に開催され、それぞれ近畿・中部地方と北関東・東北地方について地震活動、地殻変動など、資料の検討が行なわれた。来年度完成予定の特定地域に関する資料の作成方法についての議論も行なわれた。

[たなか とらお 京大防災研究所教授]  
[あんど う まさたか 京大防災研究所教授]

# ■ 書 評 ■

## ●地球科学全般を新しい視点で簡潔にまとめた

力武常次 著

### 地球科学ハンドブック

#### 行武 毅

題名にふさわしい本である。地球科学全般が、最近の進歩をも含んで、適当な項目のもと簡潔にまとめられている。例えば、距離の測定や位置の決定などは、宇宙技術を利用して、このところ革新的に進歩した。あるものは、いまなお技術開発の途上にあるが、SLR、VLBI、GPSなどの最新の技術が手際よく説明されている。さらに、これらの方法を用いて、ハワイと紀伊半島間の距離が年間12cmほど縮んでいることが明らかになり、いわゆるプレートの相対運動が実証されたことなど、最近の地球科学のホットな成果が盛り込まれている。

火山の項を見ると、「火砕流」「水蒸気爆発」などの説明があり、いまなお継続している雲仙火山の現象を理解する上でも有益であろう。地震予知に関する記事は、著者の経歴からしても、この本の中でもっとも充実した部分であるが、「大規模地震対策特別措置法」や「地震防災対策強化地域」など社会性の強い部分にまで及び、地球科学のハンドブックとしては幅広いものとなっている。さらに「オゾン層」「酸性雨」「エル・ニーニョ」と話題性の多い項目に事欠かない。

それでは時事的な問題を中心に取り扱った本であるか、というと、けっしてそうではない。測地学、地震学、地球熱学、地球電磁気学、火山学などの地球科学の骨組みをなす学問分野が肩のこらない形で並べられており、アイソスタシーのような地球科学の古典的基礎概念がいていねいに説明されている。一般教育の地学の参考書として役に立つことであろう。数式を使わず平易な文章で書かれているので、文科系学生にとっても使い易い本となっている。

地学の参考書という立場からみた場合、この本は他の教科書や参考書にない特徴をもっている。ひとつは先に述べたように、最近話題性のある項目を多数取り扱って

いることである。さらにもうひとつの特徴は、小冊子であるにもかかわらず、具体的事例を沢山揃えていることである。例えば、これまでに日本や世界で起こった大きな地震や津波がよくまとまった形で紹介されている。1854年に起こった安政東海地震については、被害の記述に加えて、「下田港に碇泊していたロシア軍艦『ディアナ』号は津波のため大破して、数日後沈没した」などあり、当時の時代背景をほうふつとさせる。抽象的な本になっていないところが大変よい。

ハンドブックというからには、事典的に、ある用語なり事項なりについて調べようとする場合に使われることを予想したものであろう。それにしは検索の方法にもう一工夫欲しい。目次と索引がかなりよく整備されているが、通常の本とまったく同じ形式である。教科書なり参考書として読む場合はこの形式で充分であるが、時事的用語解説にもすぐれた本となっているのであるから、事典的に利用されることを考えて何らかの新しい方式が考えられないものだろうか。

〈聖文社、1992年5月、新書判、296頁、1000円〉

[ゆくたけ たけし 東京大学地震研究所教授]

## ●日本各地の地震の起こり方とそのしくみ

尾池和夫 著

### 日本地震列島

#### 茅野一郎

本書は3年ほど前に日本損害保険協会から刊行された『地震列島にしひがし』（本誌 No. 8 に長谷見晶子による書評が掲載されている）をもとに大幅に（2倍以上になっているだろう）加筆されたものであるが、一般に入手しやすい形で刊行されたことはたいへん喜ばしい。

1. 地震列島では総論ないし序論として、地震発生のしくみとプレート運動とのかかわり合い、予知と防災、地震災害、情報の伝達などの問題を説いている。2. から10. までは、近畿、山陰・北陸、九州と周辺の島々、瀬戸内海と中央構造線、東海から南海へ、中部山岳地帯、関東と伊豆、東北日本弧、北海道から千島への各章に分

けて、単にカタログのように列挙するのではなく、著者自身がその地域で観測をした体験などを導入部として、美しい風景や温泉等々が何十万年にわたる地震を含む地殻活動の結果であることを説き、それぞれの地域の地学的背景に基づいて、地震の起こり方、そのよってきたるしくみを尋ね、将来の予測、地震予知の問題まで、丁寧にキチンと解説されている。また、全体を通して読むと、地震の発生や予知に関して必要なことがらほどこか——最も適切な場所——で解説されているというふうになっている。

「それぞれの地域には過去にどのような地震がどんなしくみで起こったのかを知ってほしい、また、地震は必ず繰り返す自然現象だということをしっかりと理解しておいてほしい」といい、大きい地震の繰り返し周期が人の一生より長いので、過去の地震で得られた経験や知識を次々の世代に伝えていくことの大切さが強調されている。著者が本書を執筆した最大の動機もそこにあるのだらう。

近畿地方の山崎断層で集中的な観測を行なって、ある程度大きい地震の発生を予測できるようになった経験から、十分な観測と研究が行なわれれば、予知もできるようになるだろうが、それには、「長期間の教育を受け、最新の研究手法を身につけた若い科学者を優遇して人材を確保し、必要な設備を与え、10年以上の間、その地域の特徴を把握する地道な仕事を続けてもらうことがまず必要である」ことを強調している。

地震予知は著者の関心の中で大きな部分を占めてきたと思われるが、「究極のところ、大地震があっても壊れない社会を作っておくこと、逃げなくてもよい都市を作り、いつ地震があってもよいような暮し方をしていることが大切なのであろう」といっている。

読みの難しい地名には最初に振り仮名がつけてあるのは大変ありがたい。誤植は非常に少ないが、気のついたものを挙げると、p. 302 浜田信夫は浜田信生が正しい。p. 316 の「日本海縁岸」は誤植であろうか。

活断層と地震の分布を示した図、特に p. 175 や p. 256 などは、多少、地名などが入っていたほうが読者にわかりやすいかもしれない。

山岡莊八の小説『豊臣秀吉』の中の淀君の言葉から P-S 時間を推定する (p. 271) のは面白い着想だが、ちょっと無理なような気がする。

本誌を読まれるほどの方は恐らくもう読んでおられることと思うが、ぜひ、周囲の方々にも勧めて頂きたいものである。

〈朝日文庫、1992年、A6判、382ページ、690円〉

〔かやの いちろう 地震予知総合研究振興会主任研究員〕

## ●中国国家地震局の研究成果

State Seismological Bureau 編

### ADVANCES IN GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol.1

Editorial Committee of Advances in Geophysical Research, Institute of Geophysics

## 力武常次

中国国家地震局 (SSB) の地球物理研究所は、1978年中国科学アカデミーより分離独立したが、本書はそれ以降の研究成果をとりまとめたもので、23編の英文論文よりなる。編集委員会の構成は顧功叙 (1991年死去) および傳承義を名誉委員とし、編集長秦警菱、編集委員陳顯および許紹燮である。一、二の例外を除いて論文の著者はすべて SSB 地球物理研究所所属で、いわば部内研究成果の総括と言えよう。奇妙なことに、科学論文に混じって許紹燮の「ユネスコの地震予知実施基準作業委員会報告」などがある。

地震学やテクトニクスを主体とした論文としては、「唐山地震震源域の地殻構造と地震発生過程」(曾融生ら)においてモホ面深度の突然変化などが論じられ、時振梁らは「最近のテクトニック・ストレスと変形」のなかで、1937-1979年の期間における173個の浅い地震の発震機構やランドサット衛星の画像などによって、中国の地殻応力分布を論じている。その結果は汪素雲らによる「有限要素法を用いた最近のテクトニック・ストレスの数値解析」によって解釈され、太平洋プレートやフィリピン海プレートによる圧縮もあるが、インド・プレートによる圧縮はそれらの2倍以上になるとしている。

本書の特徴の一つとして、地球電磁気学関係に重点が置かれていて5編の論文が含まれていることがあげられる。郝錦綺はオーストラリア・クィーンズランド大学の L. M. Hastie および F. D. Stacey とともに「3次元ディスロケーション・モデルの地震地磁気効果」を論じ、従来と異なってストレス特異点の影響を全く除外した解を得ている。郝はこの方法を「1976年唐山地震の地震地磁気効果」に適用して最大異常変化が  $3\text{-}4\text{nT}$  であることを示した。

趙玉杯と錢復業は「唐山地震前後の大地比抵抗ならびに地電流変化」について報告し、地震前の比抵抗減少やパルス状変化、さらには地電流の半月、1月および6月の周期的変化について述べ、これらは地球潮汐に関係しているとしている。

この本は中国で印刷されたらしく、活字は小さいし、まことに読みにくい。特に図版が論文の適当な位置に配



置されることなく、論文末に一括載せられていることも読みにくさを強めている。図は小さく不鮮明なものが多い。表紙は一応ハードカバーであるが、時間の経過とともに変形してしまい、取扱いに不便である。内容とは関係ないかもしれないが、体裁よく製本することをしないと、内容まで疑われる可能性があるという苦言を呈したい。

この本に収録されている論文は、一言でいえば玉石混濁であって、きわめてインストラクティブなものも多いが、やや論旨不明なものもある。総じて結論に到達するための論理が必ずしも明瞭でない傾向がある。しかし、SSB 地球物理研究所の活動を概観するためには役立つ本であろう。なお英文名の漢字化には気象研究所石川有三君のお世話になった。

<International Academic Publishers, Xizhimenwai Daije, Beijing Exhibition Center, Beijing, 100044, People's Republic of China, 1990, pp. 288 U. S. \$75>

[りきたけ つねじ 東京大学・東京工業大学名誉教授]

## ●新刊紹介

読売新聞社 編

### 富士山・大いなる自然の検証

読売新聞, 1992年8月発行, A5判, 325頁, 2500円。

昭和63年4月から4年間、読売新聞静岡版に計250回にわたって連載された企画記事を収録したもの。第1部は柿田川に代表される富士の清流と吉原製紙工場群の工業用水など、「水」にまつわる問題が取り上げられ、第2部は、崩落や火山噴火、自然林を扱った「火山大森林」、第3部は、富士にかかる雲、気流、気象観測の歴史を扱った「気象」、そして第4部は、富士山の自然に生きる動物・野鳥・蝶を扱った「生きものたち」の4部で構成されている。

つじよしのぶ 著

### 富士山の噴火——万葉集から現代まで

築地書館, 1992年4月発行, B6判, 259頁, 2060円。

年代順に第1話から第54話まで、万葉集から現代に至る古文書史料（竹取物語や更級日記、多くの和歌などがでてくる）に基づいて、富士山の噴煙の消長、噴火の様子を記述した、富士火山活動史。産経新聞地方版の連載記事を修正加筆して1冊にまとめたもの。西暦600年代から現在までの、富士火山活動（噴煙史）と文献の年代代表が総括されている。著者は東京大学地震研究所助教授。

石川秀雄 著

### 桜島——噴火と災害の歴史

共立出版, 1992年8月発行, B6判, 211頁, 2060円。

著者は、鹿児島大学教授から現在千葉大学教授である岩石学・火山学者。内容は1章で最近37年間の活動の実態、2章で有史時代の噴火と災害、3章で桜島の誕生、4章で巨大火砕流の発生と始良カルデラの誕生、5章で南九州の火山とその地質的背景、6章で火山とプレートテクトニクス、7章で噴火災害と噴火予知、8章で活火山との共存、などについて一般向けに解説されている。

溝上 恵 著

### 大地震は近づいているか

筑摩書房, 1992年8月発行, B6判, 219頁, 1100円。

筑摩書房のシリーズ、ちくまプリマーブックスの1冊として刊行されたので、平易な記述になっている。1章地震はなぜ起こるのか、2章さまざまな地震、は基礎的な解説であるが、3章地震をさぐる、4章地震予知の最前線、5章大地震は近づいているか、では、著者が東京大学地震研究所教授として、地震予知に積極的に携わっている立場からの、最新の資料や考え方も示されている。

金子史朗 著

### 地球大災害

古今書院, 1991年12月発行, B6判, 315頁, 2400円。

本書のほとんどは、季刊の科学誌セキュリティに連載されたもので、11章にわたる世界の自然災害の紹介である。なかには、大隕石の衝突、洪水、早魃なども取り上げられるが、火山、地震に関するものとしては、ニューマドリッド地震などアメリカ大陸の地震、モン・ペレーとネバド・デル・ルイス火山、伊豆大島噴火、明神礁噴火で遭難した第五海洋丸、アルメニア地震、世界の地震災害史などが述べられている。

高橋 博・大谷圭一・大竹政和・藤田眞一 編

### 地震と対策——大地震の疑問に答える

白亜書房, 1992年8月発行, A5判, 364頁, 4500円。

大学、研究機関の研究者、および自治体の防災関係担当者など18名が、各専門項目を分担執筆している。2章震前対策では、コンビナートの問題、ライフライン、火災、斜面崩壊、液状化の問題、さらに流言やパニック防止策、免震構造物などがとり上げられている。3章震後対策では、被害想定、地震に遭遇したとき助かる方法、地域防災など、また4章地震対策の実例では、東京都の震災予防計画、火災対策の研究、企業の防災対策などが解説されている。

# ADEP情報

## 地殻変動観測施設要覧の作成

“東海地震”発生の危険性が指摘されて以来、御前崎の沈下の時間変化が、専門家ばかりでなく一般の人々にも注目されている。これは昭和19年の東南海地震の直前に、ここで地殻変動の異常が現われたことが知られているからである。最近では昭和58年日本海中部地震の前に、男鹿半島の傾動の反転が起こったり、五城目の、東北大学の歪計に非地震性すべりによると思われる異常信号がキャッチされたり、地震の前兆が地殻変動に現れている。このようなことから、地震予知のための地殻変動観測によせる期待は非常に大きい。

現在、日本各地には、各大学、建

設省、運輸省、科学技術庁、自治体、等々による地殻変動観測所があり、その数はかなり多数で、毎日貴重なデータを集積している。しかし前述のような重要な観測データが、どこで、どの様にしてとられ、どの様に保存されているかは、一般にはなかなかわかりにくい。これらをすぐ調べられるようにしておくことは、地震予知の研究にとって重要である。

このような要請から、『地殻変動観測所要覧』が昭和58年に、文部省科学研究費（代表者檀原毅先生）によって作成された。それには52の観測所・施設が記載されているが、なかには多数の観測点を一括して示しているものもあるので、その数はさらに何割か増えるであろう。その後昭和63年に各大学の『地殻活動総合観測線とデータベース』が、東大地震研究所地震予知観測情報センターから出されている。しかしその後も観測施設の増強がはかられており、上述のデータは古くなってきている。さらに最近新しい観測手段として宇宙技術を用いたGPSが登場した。当初は試験的であったこの観測も、次第に本格観測になってきている。

そこで最新のデータに基づいて、全国の地殻変動観測施設を網羅した。

『地殻変動観測施設要覧』を作成することが、建設省国土地理院で計画され、今回、地震予知総合研究振興会でその作業の委託を受けた。

作業は平成4年9月に始まり、高木章雄東北大名誉教授を委員長に、北大、東北大、東大、名大、京大、防災科研、気象庁から委員を委嘱、国土地理院、および振興会も加わって、要覧記載事項、問い合わせ先などの検討を行なった。これに基づき、各機関に観測施設の要目を回答していただくための調査表を作成、発送した。おそらく本誌が発行される時点では、その調査表の回収が終わり、要覧印刷の原稿整理の段階にあると思われる。ご回答頂いた多数の関係の方々に厚く感謝申し上げます。

さてこうして、最新のデータを盛った『地殻変動観測施設要覧』が平成5年3月にはお目見えすることになる。今回の要覧の特徴の一つに、各観測計器の一般的解説が添えられることがある。国土地理院では、多くの方々に配布することを検討している模様で、もしこれが実現されれば、この要覧が単にデータばかりでなく、やや幅広いハンドブックとしても役立つものと思われる。 [A]

## 編集後記

ギリシャで地震予知が成功しているという話は、半信半疑ながら多くの人の興味を惹いている。今号では小嶋美都子先生に、地電流観測による地震予知の基本的な解説から、ギリシャで行なわれているVAN法の批判まで、問題点を抽出する論説を頂戴できた。地電流観測の難しさがよく理解でき、結果をにわかに信じてはいけないこともわかった。

また「異説：地震予知」として、力武先生の、整理された宏観異常現象のデータを用いた、実用的な地震予知手法が提案された。信頼性がう

すいとされる宏観前兆データも、地球物理学的観測による前兆データとほぼ同じ手法で扱えるとは、ちょっとした驚きである。しかし宏観前兆の多くを占める動物の異常行動は、地殻内にストレスが高まったとき地面から電気を帯びたイオンができて空中電場に異常を来たし、動物はそれを感じるのだ、という説があるそうである。もしそうだとすれば、最近始められている電磁放射研究の領分の話になる。

小嶋先生の地電流や、この電磁放射など、地球電磁気学的観測による地震予知は興味深い。 [A]

## 地震ジャーナル 第14号

平成4年12月20日 発行

発行所 ☎101 東京都千代田区神田美土代町3

☎ 03-3295-1966

財団法人

地震予知総合研究振興会

発行人 萩原尊禮

編集人 力武常次

本誌に掲載の論説・記事の一部を引用される場合には、必ず出典を明記して下さい。また、長文にわたり引用される場合は、事前に当編集部へご連絡下さい。

●印刷・製本/理想社 ●装丁/鈴木 堯